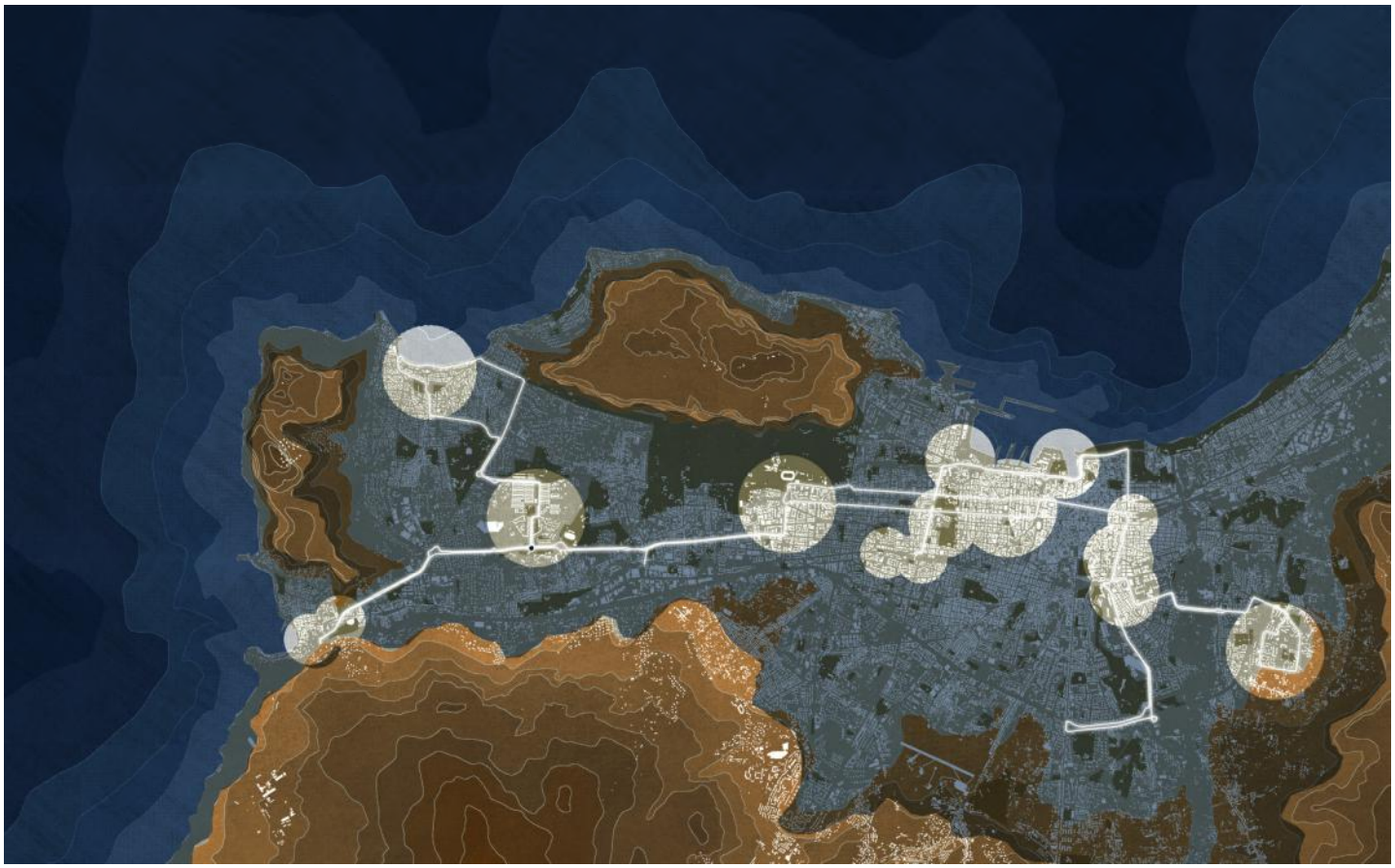


PALERMO ARCIPELAGO VERDE

IL TRAM E UNA NUOVA GEOGRAFIA DELLA CITTÀ

Concorso internazionale di progettazione, con procedura aperta, per la progettazione del "sistema tram Palermo - fase II" progetto generale e progetto I° stralcio. Seconda fase di concorso.

RELAZIONI TECNICHE

Relazione tecnica riguardante le componenti impiantistiche ed il materiale rotabile

R.3

INDICE

1. INTRODUZIONE 4

1.1 SCOPO DEL DOCUMENTO 4

1.2 APPLICABILITÀ 4

1.3 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO 4

2. CARATTERISTICHE GENERALI 5

2.1 LINEE 5

2.1.1 DATI CARATTERISTICI DEL SISTEMA 5

2.1.2 ESERCIZIO 6

2.1.3 COMUNICAZIONI DI LINEA PER SERVIZIO PROVVISORIO 6

2.2 STRATEGIA PER IL CONTROLLO, RIMESSAGGIO E MANUTENZIONE DEI VEICOLI - DEPOSITI E POSTO CENTRALE 8

3. ARMAMENTO 10

3.1 GENERALITÀ 10

3.2 CARATTERISTICHE DEI BINARI 11

3.3 APPARECCHI DI DEVIAZIONE 11

3.4 IL SISTEMA AUTOMATICO DI POSA DELL'ARMAMENTO APPITRACK 12

3.4.1 BENEFICI E REFERENZE DEL SISTEMA APPITRACK 12

4. ALIMENTAZIONE ELETTRICA E TRAZIONE 13

4.1 ALLACCIAMENTI MT 13

4.2 SOTTOSTAZIONI ELETTRICHE REVERSIBILI 14

4.2.1 DATI TECNICI GENERALI 14

4.2.1.1 OTTIMIZZAZIONE DELLA POTENZA DELLE SOTTOSTAZIONI: IL CONVERTITORE REVERSIBILE HESOP® 15

4.2.2 PULSANTE DI EMERGENZA 16

4.2.3 EMISSIONI ELETTROMAGNETICHE 16

4.3 PROTEZIONI ELETTRICHE DI IMPIANTO 16
4.4 IMPIANTO DI TERRA 17
4.5 ALIMENTAZIONE CONTINUA DA SUOLO (APS) 17
4.6 ALIMENTAZIONE DA LINEA DI CONTATTO AEREA 20
4.7 SOTTOSISTEMA DI GESTIONE 20
4.7.1 DESCRIZIONE 20
4.7.2 RICONFIGURAZIONI 21
4.7.3 DIAGNOSTICA 21
5. SOTTOSISTEMA DI CONTROLLO E COMANDO TRAMVIARIO 22
5.1 APPARATO DI SEGNALAMENTO 23
5.1.1 GESTIONE TIPICA DELLE ZONE DI MANOVRA 24
5.2 LOCALIZZAZIONE DEI VEICOLI TRAMVIARI 26
5.3 APPARATI DI LINEA E DI BORDO 27
5.3.1 POSTO PERIFERICO DI CONTROLLO 27
5.3.2 CIRCUITI DI BINARIO 28
5.3.3 LOOP 29
5.3.4 CASSE DI MANOVRA 29
5.3.5 SEGNALI TRAMVIARI 29
5.3.6 APPARATI DI BORDO 30
6. GESTIONE DELLA PRIORITÀ SEMAFORICA AGLI INCROCI STRADALI 31
6.1 DESCRIZIONE GENERALE LOGICA DI CONTROLLO 31
6.2 TECNOLOGIE 31
7. SOTTOSISTEMI TRASMISSIVI ED INFORMATIVI 32
7.1 SISTEMA TRASMISSIVO 32
7.2 RADIO 33
7.3 SISTEMA DI BORDO 35
7.4 DIFFUSIONE SONORA E PANNELLI INFORMATIVI 36
7.5 SORVEGLIAZA VIDEO E TVCC 38

7.6 IMPIANTI TELEFONICI 39

7.6.1 COMUNICAZIONI DI LINEA 40

7.6.2 REGISTRAZ/ONI AUDIO 40

7.7 SINCRONIZZAZIONE ORARIA 40

7.8 SISTEMA DI TARIFFAZIONE 40

8. IL MATERIALE ROTABILE 41

8.1 CARATTERISTICHE GENERALI e TECNOLOGICHE 41

8.2 AFFIDABILITA' DEL MATERIALE ROTABILE E DEL SISTEMA DI ALIMENTAZIONE PROPOSTO 44

8.3 PRODUZIONE E OMOLOGAZIONE DEL MATERIALE ROTABILE 45

8.4 COMPATIBILITÀ CON LE TRAMVIE ESISTENTI 45

9. ELENCO ALLEGATI 45

1. INTRODUZIONE

1.1 SCOPO DEL DOCUMENTO

Scopo del presente documento è trattare in modo unitario le componenti impiantistiche ed il materiale rotabile proposto per l'Ampliamento del Sistema tranviario della Città di Palermo – Palermo Arcipelago Verde, descrivendo le caratteristiche tecniche e funzionali dei sottosistemi tecnologici previsti e le integrazioni tra essi.

1.2 APPLICABILITÀ

Il presente documento si applica alla fase di concorso di progettazione per la realizzazione dell'Ampliamento del Sistema tranviario della Città di Palermo – Palermo Arcipelago Verde.

1.3 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

Cod	Descrizione	Scala	Formato
	Relazioni Tecniche		
R.1	Relazione illustrativa delle ragioni della soluzione proposta e motivazione delle scelte	-	A4
R.2	Relazione tecnica con la descrizione generale della soluzione	-	A4
R.4	Studio di prefattibilità ambientale	-	A4
R.5	Relazione di analisi del contesto e di inserimento nel territorio	-	A4
R.6	Programma dettagliato delle indagini	-	A4
R.7	Piano particellare preliminare delle aree o rilievo di massima degli immobili	-	A4
R.8	Prime indicazioni sulla sicurezza	-	A4
	Elaborati grafici generali		
TAV.16	Particolari relativi al materiale rotabile	1:100/1:20	A0
	Elaborati grafici impianti		
TAV.105	Planimetria con individuazione delle sottostazioni elettriche - Tratte Nord	1:10.000	A0
TAV.106	Planimetria con individuazione delle sottostazioni elettriche - Tratte Sud	1:10.000	A0
TAV.107	Particolari sottostazioni elettriche	Varie	A2
TAV.108	Particolari segnalamento	Varie	A2
TAV.109	Particolari semaforizzazione	Varie	A2

TAV.110	Particolari telecomunicazioni - ponti radio	Varie	A2

2. CARATTERISTICHE GENERALI

2.1 LINEE

L'intervento previsto costituisce un ampliamento delle linee di TRAM già in esercizio nella città di Palermo (Linea 1, Linea 2 e Linea 3) ed incide su gran parte del territorio comunale; in particolare, si articola in n.7 sottointerventi che, indicati come "TRATTE", in ordine di priorità, sono:

- TRATTA "A": prolungamento della linea 1 esistente, dalla Via Balsamo alla Viale Croce Rossa;
- TRATTA "B ": prolungamento della linea 1 esistente, dalla Stazione FF.SS. Notarbartolo alla Via Duca della Verdura
- TRATTA "C ": prolungamento della linea 3 esistente lungo Viale della Regione Siciliana sino alla Stazione FF.SS. Orleans
- TRATTA "D ": prolungamento della linea 3 esistente, dalla Stazione FF.SS. Orleans a Bonagia.
- TRATTA "E ": prolungamento della linea 1 esistente, dalla Viale Croce Rossa alla località Balneare di Mondello.
- TRATTA "F ": prolungamento della linea 1 esistente, dalla Via Duca della Verdura alla Stazione FF.SS. Centrale.
- TRATTA "G ": tratta a servizio della borgata di Sferracavallo

2.1.1 DATI CARATTERISTICI DEL SISTEMA

I principali dati caratteristici delle tratte sono:

CARATTERISTICHE	Tratta A	Tratta B	Tratta C	Tratta D	Tratta E	Tratta F	Tratta G	**Totale**
Sviluppo (A/R)	11,20	1,65	9,60	9,20	19,60	8,50	7,90	**67,65**
Fermate Laterali	28	4	13	17	46	16	18	**142**
Fermate Centrali	-	-	4	-	-	1	-	**5**
Terminal Laterali	2	-	-	-	2	3	2	**9**
Terminal Centrali	-	1	1	1	-	-	-	**3**

N. SSE	2	1	2	3	5	3	3	**19**
Bivi - Incroci	1	2	1	1	1	1	1	**8**
Bivi - Diramazioni	-	-	-	-	2	1	2	**5**
N. Intersezioni stradali (semaforizzazione esistente)	12	5	4	-	8	5	-	**34**
N. Intersezioni stradali (semaforizzazione nuova)	-	1	1	6	1	2	1	**12**

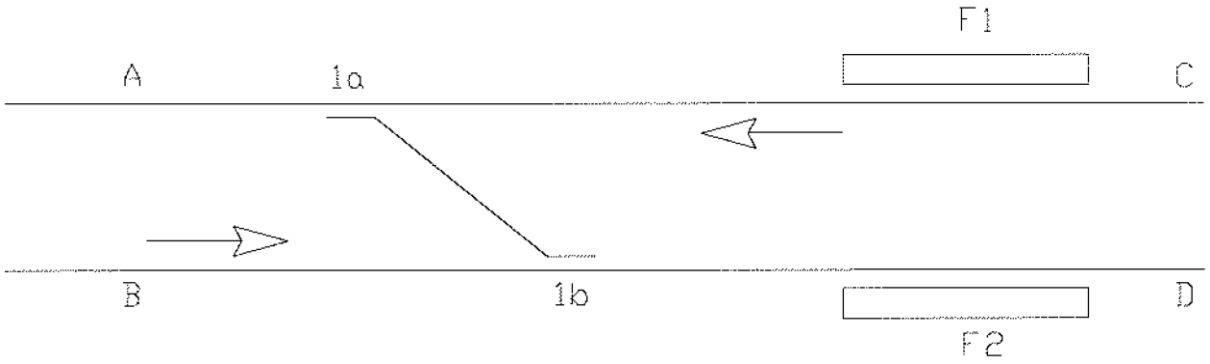
2.1.2 ESERCIZIO

La soluzione proposta per il sistema, sarà in grado di gestire un servizio di trasporto con le seguenti prestazioni:

ESERCIZIO	Tratta A	Tratta B	Tratta C	Tratta D	Tratta E	Tratta F	Tratta G
Capacità (passeggeri/ora/direzione)	1.474	1.965,6	1.474	1.474	1.474	1.474	1.474
Cadenzamento (orario di punta)	8 min	6 min	8 min	8 min	8 min	8 min	8 min
Flotta (veicoli contemp. in linea)	7 veicoli	2 veicoli	7 veicoli	6 veicoli	10 veicoli	6 veicoli	5 veicoli
Velocità commerciale media	13,2 km/h	8,7 km/h	13,0 km/h	14,0 km/h	16,0 km/h	13,4 km/h	13,0 km/h
Tempo di giro	50 min	11 min	44 min	39 min	72 min	42 min	35 min

2.1.3 COMUNICAZIONI DI LINEA PER SERVIZIO PROVVISORIO

La sezione tipo delle tratte è quella con due linee di tram affiancate; in tal caso si avranno linee di alimentazione parallele, ma elettricamente separate ed alimentate da SSE di competenza.
Per la gestione delle interruzioni di linea sono previste delle comunicazioni lungo ciascuna linea per la parzializzazione del servizio su due semitratte disgiunte.
Le comunicazioni sono provviste di casse di manovra ad azionamento manuale con ritorno a molla (bistabili).
Schematicamente, la comunicazione pari-dispari di linea ha una rappresentazione del seguente tipo:

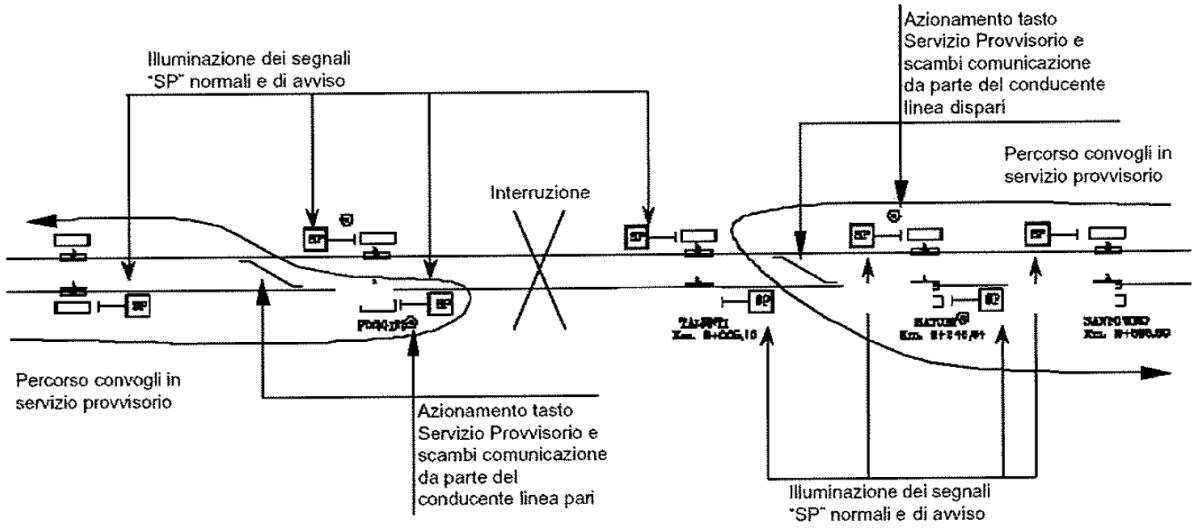


Comunicazione di linea

Lo scenario operativo in questa zona prevede che il conducente riceva l'autorizzazione dal PCC ad utilizzare per l'inversione in linea una specifica comunicazione di emergenza; questi applica la procedura per cui:

1. posiziona il veicolo su una delle banchine previste;
2. arresta il veicolo ed aziona il selettore a chiave per l'attivazione del Servizio Provvisorio;
3. manovra a mano, tramite opportuna leva, la cassa di manovra;
4. percorre la comunicazione;
5. effettua l'inversione di marcia, comprensiva del cambio cabina;
6. percorre la comunicazione in senso contrario cambiando binario e riprendendo l'esercizio dalla banchina successiva.

L'interruzione di linea ed il passaggio al servizio degradato sono gestiti dal Posto Centrale di Controllo nel seguente modo: l'operatore al Posto Centrale di Controllo avvisa i conducenti dei primi veicoli in arrivo sulla zona interrotta, per ogni senso di marcia, affinché questi siano pronti ad attuare la procedura sotto indicata.



Quando l'interruzione finisce l'operatore del Posto Centrale di Controllo comunica ai conducenti di disattivare il segnale per il servizio degradato e manovrare il deviatoio nelle zone di scambio per ripristinare il corretto tracciato.

2.2 STRATEGIA PER IL CONTROLLO, RIMESSAGGIO E MANUTENZIONE DEI VEICOLI - DEPOSITI E POSTO CENTRALE

Dalle analisi riportate nello studio di fattibilità si evince la necessità di prevedere la realizzazione di un nuovo deposito, da localizzare in adiacenza a viale Olimpo per far fronte all'aumento del parco rotabile necessario al corretto funzionamento di tutte le tratte.
In estrema sintesi, riportando dallo studio di fattibilità, il parco rotabile ad oggi operativo sulle tratte esistenti si compone di 17 convogli; prevedendo l'acquisto di almeno altre 11 vetture, il parco rotabile complessivo salirebbe a 28 vetture per le sole tratte esistenti.
La capienza massima in termini di convogli ricoverabili nei depositi esistenti è pari a 40, di cui 24 nel deposito Roccella e 16 nel deposito Leonardo da Vinci.
Pertanto l'accoglimento di queste vetture negli attuali depositi ridurrebbe la disponibilità residua di spazi a 12 vetture (40 – 28).
Questa dotazione è chiaramente insufficiente per accogliere il parco vetture aggiuntive (circa 50 vetture) stimato per l'ampliamento del sistema tranviario con le nuove 7 tratte.
Da cui la proposta avanzata nello Studio di Fattibilità, di realizzare un nuovo deposito, che chiameremo per brevità Olimpo, con capacità pari a circa 40 vetture.
In virtù dell'articolazione del piano di intervento previsto dall'amministrazione comunale con la programmazione di due stralci funzionali per la realizzazione di gruppi di tratte in sequenze temporali diverse, si rende tuttavia necessario uno studio più approfondito delle fasi transitorie.
Riassumendo, la strategia per il controllo, rimessaggio e manutenzione dei veicoli deve tenere conto dei seguenti vincoli:

1. durante la fase di esecuzione prioritaria delle tratte A,B e C non sarebbe possibile raggiungere il sito previsto per il nuovo deposito, lungo viale dell'Olimpo, a meno di non realizzare una lunga tratta di servizio esclusivamente dedicata al collegamento (Ipotesi molto dispendiosa e poco funzionale).
2. la postazione del sistema di controllo e supervisione dell'esercizio di tutte le tratta deve essere unica e centralizzata ed è attualmente collocata nel deposito Leonardo da Vinci.
3. da un'analisi del lotto "a pianta trapezoidale" allocato in prossimità del Viale dell'Olimpo, si evince che lo spazio disponibile (c.a. 20000mq) non è verosimilmente sufficiente ad accogliere un deposito funzionalmente completo per il rimessaggio e la manutenzione di 40 vetture.

Sulla base di tali vincoli si articola dunque la proposta seguente:

Durante l'esecuzione dello stralcio I, le tratte A, B e C verranno configurate come una naturale estensione della rete esistente mediante un opportuno sistema di scambi e brevissime tratte di servizio, permettendo il collegamento funzionale con i depositi esistenti. Il posto di Controllo sarà mantenuto nella sua sede attuale effettuando le migliorie richieste per la corretta integrazione ed il controllo delle nuove tratte.
Tutti i nuovi veicoli (11+4+8) saranno ricoverati e manutenuti nei depositi esistenti. Quando, durante il piano di espansione della flotta (+11), lo spazio disponibile non dovesse dimostrarsi sufficiente, si dovrà prevedere, con dovuto anticipo, ad un'espansione dell'area di rimessaggio del deposito Roccella.
Lo spazio di rimessaggio in aggiunta dovrà essere in grado di alloggiare fino a circa 30 vetture (circa 4000mq) e potrebbe essere ottenuto mediante esproprio dell'area immediatamente a Sud-Est dell'area esistente, lungo via Chiaravelli.
Una ulteriore verifica dovrà essere effettuata sull'ideoneità degli impianti esistenti (Officina, Strutture di Ispezione, Lavaggio) ad accogliere l'aumento della flotta.
Durante l'esecuzione dello stralcio II (tratte D,E,F,G) si procederà all'appalto e costruzione del deposito Olimpo, con capacità di rimessaggio di circa 22 vetture, come da elaborati progettuali, a servizio delle sole linee E,G (14+7 vetture).
Le vetture delle linee D e F (8+6), anche per ragioni di prossimità, faranno invece riferimento al deposito Roccella adeguatamente espanso come sopra descritto.
Il Posto di controllo potrà infine essere integralmente trasferito nel più moderno deposito Olimpo, una volta completato, con maggiori spazi disponibili per gli uffici e tecnologie verosimilmente più avanzate (al futuro stato dell'arte) mantenendo così la centralizzazione del controllo.
Nel deposito Olimpo di nuova costruzione, così come rappresentato negli elaborati di progetto, saranno disponibili le seguenti funzionalità:

- Rimessaggio al coperto rotabili
- Officina Manutenzione Rotabili;
- Ispezione giornaliera rotabile;
- Tunnel di lavaggio esterno cassa dei convogli;
- Officina Impianti Fissi
- Centro operativo e di controllo
- Uffici amministrativi

Tali funzionalità sono dimensionate per far fronte alle necessità connesse con il servizio ed organizzate in modo tale da permettere sistemazioni evolutive in funzione delle estensioni della linea e del parco dei veicoli.
Il PCC potrà essere ubicato nel Centro Operativo e di Controllo all'interno del Deposito, per cui si prevede la predisposizione fin dalle prime fasi progettuali.
Il Centro Operativo e di Controllo costituisce la testa del sistema comprendendo sia i calcolatori e gli apparati centrali delle comunicazioni, sia la sala controllo con i dispositivi attraverso i quali gli operatori possono svolgere le loro funzioni di sorveglianza e

telecontrollo dei tram, delle apparecchiature poste nelle fermate e lungo linea e inoltre di comunicazione con i conducenti e con i passeggeri nelle fermate e con il personale dì manutenzione.
Dal PCC si dipartono tutte le linee di trasmissione dati e audiovideo per le comunicazioni con gli apparati periferici (fermate e veicoli). Nel PCC sarà inoltre situata la centrale radio.

3. ARMAMENTO

3.1 GENERALITÀ

Il complesso sede/armamento è stato progettato prendendo a riferimento quanto già ampiamente sviluppato in campo europeo, ovvero con i sostegni delle rotaie a gola, del tipo 60R2 (Ri 60-13), appoggiati e quindi annegati su di una solida base in calcestruzzo.
Nelle successive fasi di progettazione saranno sviluppati ulteriori studi, con particolare attenzione alle zone di attraversamento del Centro Storico, sempre mirati al contenimento delle vibrazioni indotte dal sistema tranviario, per garantire il minimo impatto del sistema stesso sulla vivibilità dell'area ed il minimo rischio di danneggiamenti a edifici e monumenti storici circostanti le linee.
Nell'ambiente cittadino i livelli delle vibrazioni non dovranno eccedere i limiti di legge e normativa presso i ricettori prossimi alle linee tranviarie. Tali valori dipendono dalla destinazione d'uso della costruzione e dalla posizione relativa rispetto alla linea.
Nei casi in cui tali valori dovessero essere superati a causa del sistema tranviario, speciali sistemi di attenuazione/mitigazione delle vibrazioni saranno adottati.
A tal fine sono stati individuate tre differenti tipologie di armamento:

- Livello 0: armamento di riferimento;
- Livello 2: sistema a soletta flottante con materassino elastomero a medio smorzamento, per sezioni con elevate necessità di attenuazione;
- Livello 3: sistema a soletta flottante con materassino elastomero ad alto smorzamento, per sezioni con esigenze di particolare sensibilità.

La sezione tipo della tranvia di riferimento è composta da rotaia incapsulata ad appoggio continuo elastico (definita con termine inglese "ERS/CRS Embedded Rail System / Continuous Rail System"), senza fissaggio meccanico, incastrato in una soletta di calcestruzzo, collocato su una piattaforma (piastra di fondazione).
Una prima distribuzione delle tipologie di armamento ha seguito la seguente regola, normalmente adottata in ambito europeo:

- d > 12 m: Livello 0
- d > 12 m - aree sensibili: Livello 2
- 7 m < d < 12 m: Livello 2
- 7 m < d < 12 m - aree sensibili: Livello 3

- d < 7 m: Livello 3
- Centro Storico: Livello 3

dove d indica la distanza fra le fondamenta della costruzione e la mezzaria dei binari.
Lo studio delle vibrazioni indotte dal sistema tranviario forniranno le necessarie indicazioni per affinare la progettazione affinché i valori limiti siano rispettati lungo tutto lo sviluppo delle linee.

3.2 CARATTERISTICHE DEI BINARI

- Sezione tipo Livello 0
  - piattaforma di fondazione: piastra di calcestruzzo armata;
  - caratteristiche del binario: piastra di bloccaggio del sistema ERS in calcestruzzo armata;
  - supporto delle rotaie: Sistema ERS, supporto elastico continuo delle rotaie; o protezione della rotaia: intrinseco nel sistema ERS.
- Sezione tipo Livello 2 / Livello 3
  - piattaforma di fondazione: piastra di calcestruzzo armata;
  - posa di materassino (elastomero) orizzontale antivibrante h= 25 mm / h=28 mm;
  - posa di pannelli laterali rigidi ai lati della tranvia per isolare e separare i binari ammortizzati;
  - caratteristiche del binario: piastra di bloccaggio del sistema ERS in calcestruzzo armata;
  - supporto delle rotaie: Sistema ERS, supporto elastico continuo delle rotaie; o protezione della rotaia: intrinseco nel sistema ERS.

3.3 APPARECCHI DI DEVIAZIONE

Per quanto attiene gli apparecchi di binario sono presenti:

- Scambi semplici
- Comunicazioni semplici
- Comunicazioni doppie a forbice
- Bivio con scambi
- Attraversamento binari
- Pettini (insieme di componenti elementari di scambi)

Il comando degli apparati sarà tramite motore elettrico o con manovra manuale.
Al fine di limitare eventuali inconvenienti di esercizio causati dal gelo, tutti gli scambi sono predisposti per accogliere il dispositivo di riscaldamento elettrico degli aghi.

3.4 IL SISTEMA AUTOMATICO DI POSA DELL'ARMAMENTO APPITRACK

Nelle tratte più urbanizzate, per la realizzazione dell'armamento tramviario con platea in calcestruzzo è disponibile una metodologia costruttiva che prevede un sistema di posa automatica dei binari denominato Appitrack, implementato e brevettato da Alstom, che è un sistema innovativo e particolarmente performante, già utilizzato in impianti tramviari per le città di Gerusalemme, Orleans, Algeri e Reims.
Il sistema Appitrack (vedi Allegato A), prevede l'installazione dell'armamento per mezzo di un convoglio costituito da due macchine di cui la prima tipo "slipform" posa la platea in calcestruzzo in modo guidato ed automatico con getto casserato in continuo, seguito da una seconda macchina per l'installazione guidata e automatizzata degli elementi di fissaggio delle rotaie (attacchi) nel calcestruzzo fresco.
In seguito alla realizzazione della platea e dell'inserimento degli attacchi, dopo un tempo minimo di maturazione del calcestruzzo opportunamente additivato con accelerante di presa, vengono installate e saldate le rotaie. Con questo sistema si possono raggiungere maggiori velocità di posa dell'armamento e maggiore precisione di esecuzione, che determinano nel complesso un netto miglioramento funzionale del sistema armamento.

3.4.1 BENEFICI E REFERENZE DEL SISTEMA APPITRACK

Confronto tra Appitrack e sistema di posa manuale:

- Minore impatto della cantierizzazione
  - Minor impiego di macchine e personale
  - Possdibilità di lasciare diversi passaggi sia pedonali che carrabili per pubblici esercenti / commercianti, ecc.
  - Minori emissioni di polveri e vibrazioni
  - M inori scarti di lavorazione
- Minori emissioni sonore
- Maggiore garanzia di qualità grazie agli strumenti di alta precisione utilizzati
- Minori rischi di incidenti (processi automatizzati e operazioni manuali ridotte al minimo
- Minori tempi di posa rotaie (ca. 150-200 m/giorno contro i 25 m/giorno del sistema manuale

Referenze:

- Più di 100 km costruiti dal 2010 ad oggi
  - Tramvia di Gerusalemme (2010)
  - Tramvia di Reims (2010)
  - Tramvia di Orleans (2011)
  - Tramvia di Algeri (2012)
  - Tramvia di Tolosa (2013)
  - Linea ferroviaria Gisors-Serqueux – Upper Normandy regions (2013)

- In costruzione
  - Metro di Ryadh
  - Tramvia di Milano P. Nord - Seregno
  - Tramvia di Lusail

4. ALIMENTAZIONE ELETTRICA E TRAZIONE

4.1 ALLACCIAMENTI MT e ALIMENTAZIONE DELLE LINEE

Il sottosistema di alimentazione primaria in Media Tensione garantirà la distribuzione di energia elettrica occorrente per la trazione e per i servizi dell'intera linea; sono previsti punti di consegna dalla rete ENEL in media tensione a 15 KV.
Al fine di garantire la continuità di servizio è previsto un anello in MT che alimenti a monte le singole SSE, unificandolo a quello attualmente esistente (v. Tav. 107 - Particolari sottostazioni elettriche).
Nelle successive fasi di progettazione sarà valutata un'ottimizzazione del numero di SSE necessarie ed anche dell'estensione dei collegamenti in cavo di alimentazione; essendo il tracciato essenzialmente in area urbanizzata, si potrà infatti considerare la possibilità di allacciarsi direttamente alla rete BT dell'ente gestore, garantendo poi la tensione di alimentazione mediante trasformatori adeguatamente dimensionati.
Sono al momento previste n. 19 sottostazioni elettriche di conversione.
Dai punti di fornitura in MT l'energia sarà distribuita alle altre sottostazioni tramite una linea in media tensione in cavo ad anello aperto, in modo tale che anche il "fuori servizio" di una primaria dell'ENEL non comporti alcun disservizio della linea tranviaria: la normale continuità di esercizio sarà garantita infatti dai punti di distribuzione rimasti in servizio.
In normale condizioni di funzionamento, i punti di alimentazione per Linea forniranno l'energia occorrente all'intero sistema evitando, attraverso opportuni interblocchi, il parallelo dei due.
La sezione tipo delle tratte è quella con due linee di tram affiancate; in tal caso si avranno linee di alimentazione parallele, ma elettricamente separate ed alimentate da SSE di competenza.
Sono comunque preiste delle interconnessioni di bypass tramite sezionatori sottocarico motorizzati, comandati e controllati dal sistema di supervisione e controllo, in grado di alimentare entrambe le due linee in caso di avaria di una delle due SSE.
Da ogni SSE, dagli interruttori extrarapidi di alimentazione delle linee, si dipartiranno le linee di alimentazione costituite da cavi opportunamente dimensionati. Tali cavi si dispiegheranno lungo le tratte all'interno di tubazioni opportunamente dimensionate e interrate e/o annegate nel cassonetto della sede tranviaria.

Questi alimenteranno, a intervalli regolari, il sistema di alimentazione continua da suolo tramite i vari sistemi di controllo e gestione o i quadri di ricarica posti in corrispondenza delle fermate.

4.2 SOTTOSTAZIONI ELETTRICHE REVERSIBILI

Dal dimensionamento di massima, che tiene conto della portata oraria, del tipo dei convogli ipotizzato, del profilo altimetrico, dei raggi minimi di curvatura del tracciato, e di tutte le altre particolarità del sistema stesso, nonché del recupero di energia in frenatura, è prevista la realizzazione di n. 19 sottostazioni della potenza installata di 1,2÷1,5 MW cadauna, in grado di garantire il servizio regolare nel periodo di punta con il cadenzamento massimo dei convogli ed il "fuori servizio", per manutenzione o guasto, di una S.S.E. ogni tre S.S.E. di alimentazione presenti. Per la conversione ed alimentazione in e.e. è previsto un monogruppo in ciascuna sottostazione, con sovraccaricabilità in classe VI, norma CEI EN 60146.1.1

4.2.1 DATI TECNICI GENERALI

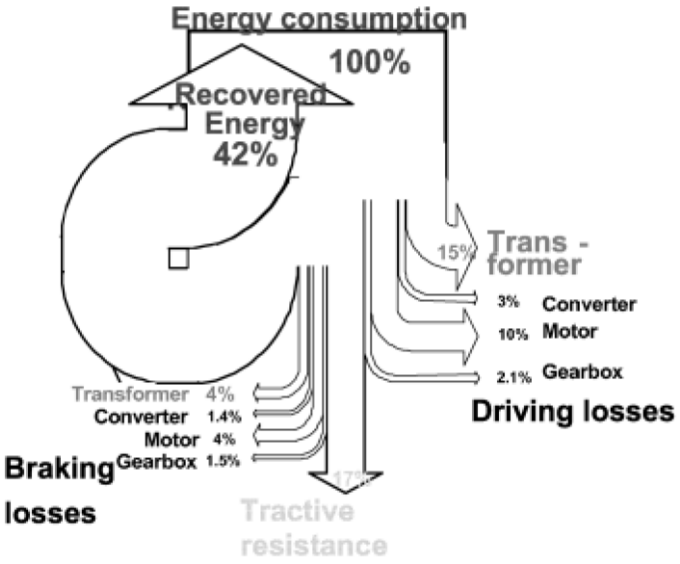
Le S.S.E. di conversione sono state previste per garantire l' energia di trazione a 750 Vcc e l' energia in bassa tensione per gli impianti di linea.
L'impianto in questione risponderà a tre esigenze principali:

- assicurare la potenza necessaria seguendo precisi criteri di disponibilità e razionalità;
- essere concepito con la massima economia di esercizio;
- garantire livelli di distorsioni armoniche accettabili, anche in relazione alle caratteristiche delle forniture.

I collegamenti in media tensione tra le S.S.E. sono previsti con cavi unipolari per Media Tensione aventi grado di isolamento 12/20 KV e sezione di 400 mmq, tipo RG7H1R - 12/20 KV.
Il cavo di alimentazione in media tensione è posato in un cavidotto di adatto diametro, con un percorso parallelo al tracciato lungo il quale, a distanze opportune, saranno ubicati pozzetti di ispezione e di tiro del cavo.

4.2.1.1 OTTIMIZZAZIONE DELLA POTENZA DELLE SOTTOSTAZIONI: IL CONVERTITORE REVERSIBILE HESOP®

HESOP® (Harmonic and Energy Saving Optimizer) è un innovativo sistema di conversione con regolazione dinamica della tensione che riutilizza più del 99% dell'energia normalmente perduta durante la frenatura dei veicoli.
L'energia di frenata recuperata viene scambiata direttamente con la rete elettrica. E' quindi necessario che le sottostazioni di conversione dell'energia siano reversibili: ciò è reso possibile dall'utilizzo di ponti bidirezionali.
Nei sistemi di trasporto in corrente continua circa il 27% dell'energia di frenatura è recuperata nel naturale scambio tra treni, mentre il 15% è dispersa in sistemi meccanici o di tipo reostatico. Nella figura seguente è riportato il diagramma delle perdite:



HESOP® consente di aumentare la distanza tra le sottostazioni, ottenendo la riduzione del loro numero: da 5 a 7 sottostazioni possono essere sostituite da 4 a 6 sottostazioni HESOP®, in funzione della rete e dei dati di esercizio.
L'adozione di HESOP® ha come risultato una elevata qualità dell'energia e quindi risparmi nei contratti di fornitura.
Inoltre HESOP® garantisce un esercizio affidabile regolando le fluttuazioni e consente di risolvere:

- Modifiche alla tensione di esercizio;
- Aumento del traffico;
- Ciclo di vita delle apparecchiature.

L'energia recuperata può essere reinserita in rete o riutilizzata negli impianti di fermata: illuminazioni, semaforizzazione, ecc.

Il totale recupero dell'energia di frenatura riduce la necessità di dissipare il calore a bordo del treno, consentendo l'eliminazione dei reostati di frenatura e quindi del peso del tram stesso.
Per le specifiche tecniche ed altri dati di HESOP® si rimanda all'Allegato B.

4.2.2 PULSANTE DI EMERGENZA

In ciascuna SSE è presente un pulsante di apertura generale utilizzabile in caso di emergenza (per esempio in caso di incendio) per isolare la SSE da tensioni pericolose per il personale (es. Vigili del Fuoco).
L'azionamento del pulsante determina l'apertura degli interruttori di MT e degli interruttori extrarapidi relativi.
Un analogo pulsante agente su tutte le SSE è presente nel Posto Centrale.

4.2.3 EMISSIONI ELETTROMAGNETICHE

E' previsto che gli elementi che rappresentano una possibile fonte di interferenza elettromagnetica (per esempio: I trasformatori, raddrizzatori, interruttori e sezionatori, motori e generatori elettrici, bobine, calamite, ecc.) abbiano delle emissioni tali e delle distanze di rispetto, da rientrare nei limiti di esposizione per inquinamenti di natura fisica relativamente all' ambiente esterno ed abitativo, imposti dalle leggi e normative vigenti, e non interferire con altri tipi di attrezzatura elettronica che potrebbe essere localizzata vicino alla linea. Tutto questo in conformità alle normative vigenti, e ai Decreti, Delibere, e Ordinanze Ministeriali, per le emissioni elettromagnetiche per gli impianti relativi. In particolare, quanto previsto da:

- Legge n. 36, del 22 febbraio 2001 "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici";
- D.P.C.M. del 8 luglio 2003 - Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici generati a frequenze comprese tra 100 kHz e 300 GHz;
- Nota del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, del 15 novembre 2004 "Protezione della popolazione dall'esposizione ai campi elettrici magnetici ed elettromagnetici. Determinazione delle fasce di rispetto (DPCM 8/07/2003)".

4.3 PROTEZIONI ELETTRICHE DI IMPIANTO

Nelle successive fasi di progettazione, verrà studiata la selettività delle protezioni elettriche di media tensione dell'impianto di alimentazione primaria e definita la regolazione delle protezioni, per assicurare una corretta protezione della rete e realizzare la selettività di

intervento, ovvero fare in modo che sia sempre e solo la protezione più vicina al guasto ad intervenire.
La filosofia di utilizzo delle protezioni è basata sulla conoscenza che le condizioni anomale di funzionamento o di guasto possono essere suddivise come segue:

- sovraccarichi;
- guasti a terra;
- guasti fase-fase e trifase.

L'individuazione delle condizioni anomale menzionate è effettuata dai relé di protezione che operano per separare la parte di rete guasta dal resto dell'impianto. La taratura dei relé di protezione sarà selezionata per dare la maggiore continuità di servizio evitando danneggiamenti ai componenti della rete.
I valori di taratura saranno scelti al di sopra delle condizioni transitorie che si possono verificare in rete. I tempi di intervento dovranno consentire il ripristino dei parametri transitori all'interno dei loro valori normali.
Lo studio di selettività delle protezioni sarà basato sul calcolo delle correnti di cortocircuito; la selettività di intervento delle protezioni sarà studiata per essere valida sia con correnti di corto circuito massime, sia con correnti di corto circuito minime.
La selettività di intervento delle protezioni sarà assicurata per guasti di corto circuito fase-fase. Per guasti fase-terrasulla rete 15 KV interverrà la protezione specifica di guasto a terra.

4.4 IMPIANTO DI TERRA

Tutte le strutture metalliche e i ferri di armatura dei manufatti della sottostazione saranno collegati alla rete di terra di sottostazione, a sua volta collegata al conduttore equipotenziale.
I criteri costruttivi di tale dispersore di terra prevedono una rigorosa separazione dai dispersori di terra delle fermate e da eventuali altri dispersori relativi ad apparecchiature e/o strutture lungo linea.
Ciò per evitare in linea di principio sia trasferimenti di tensione pericolosi, sia un'alterazione di eventuali campi elettrici esterni che possa creare pericolo di corrosione per strutture metalliche interrate.
Le reti di terra di sottostazioni adiacenti possono essere collegate attraverso gli schermi dei cavi MT con eventuali conduttori in parallelo, se necessario ai fini del contenimento delle tensioni di passo e contatto.

4.5 ALIMENTAZIONE CONTINUA DA SUOLO (APS)

L’ APS è una soluzione, sicura e testata in 15 anni di esercizio, per l’alimentazione elettrica catenary-free di linee tramviarie, che riduce l’impatto ambientale eliminando i

sostegni della linea di contatto, ottimizzando la sicurezza e l'affidabilità del servizio. I principali vantaggi dell'APS sono:

- Vita utile 30 anni;
- Libertà di definizione del tracciato;
- Stesse performance dei sistemi tradizionali a catenaria;
- Pendenze standard (8%);
- Compatibilità con tutte le tipologie di finiture superficiali;
- Facilità di estensione;
- Resistenza ai carichi.

L'alimentazione è garantita da segmenti di terza rotaia posta tra i binari ed energizzati in sicurezza solo al passaggio del treno.

I segmenti conduttori sono commutati off/on/off mentre il treno procede, garantendo la totale sicurezza ai pedoni. La terza rotaia dell'APS è costituita da segmenti conduttori lunghi 8 metri, separati da giunti isolanti lunghi 3 metri. L'alimentazione è fornita ai segmenti conduttori da unità di potenza interrata. L'elettricità trasmessa attraverso la terza rotaia viene captata da due pattini situati ai due lati del carrello centrale del tram.

Le antenne posizionate sotto il carrello centrale emettono un segnale codificato che consente alla unità di terra adiacente di rilevare il tram attraverso un loop alloggiato nella terza rotaia. Una batteria di back-up consente al tram di proseguire la marcia nel caso di mancanza di potenza assicurando le prestazioni del servizio.

CARATTERISTICHE AMBIENTALI:

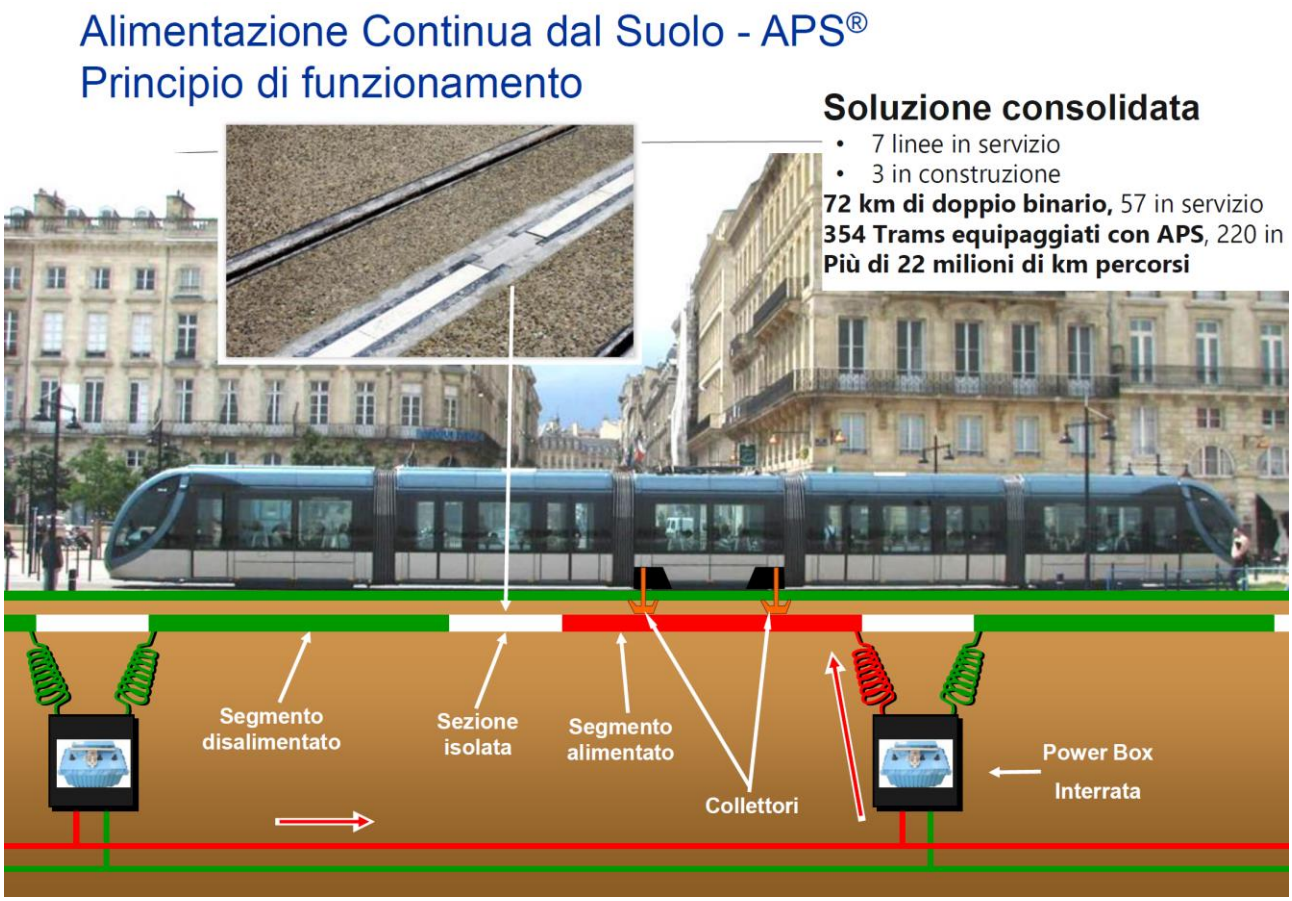
- Temperatura esterna: +55°C sotto pensilina
- Temperatura in superficie: +85°C
- Temperatura in esercizio unità di potenza: +70°C

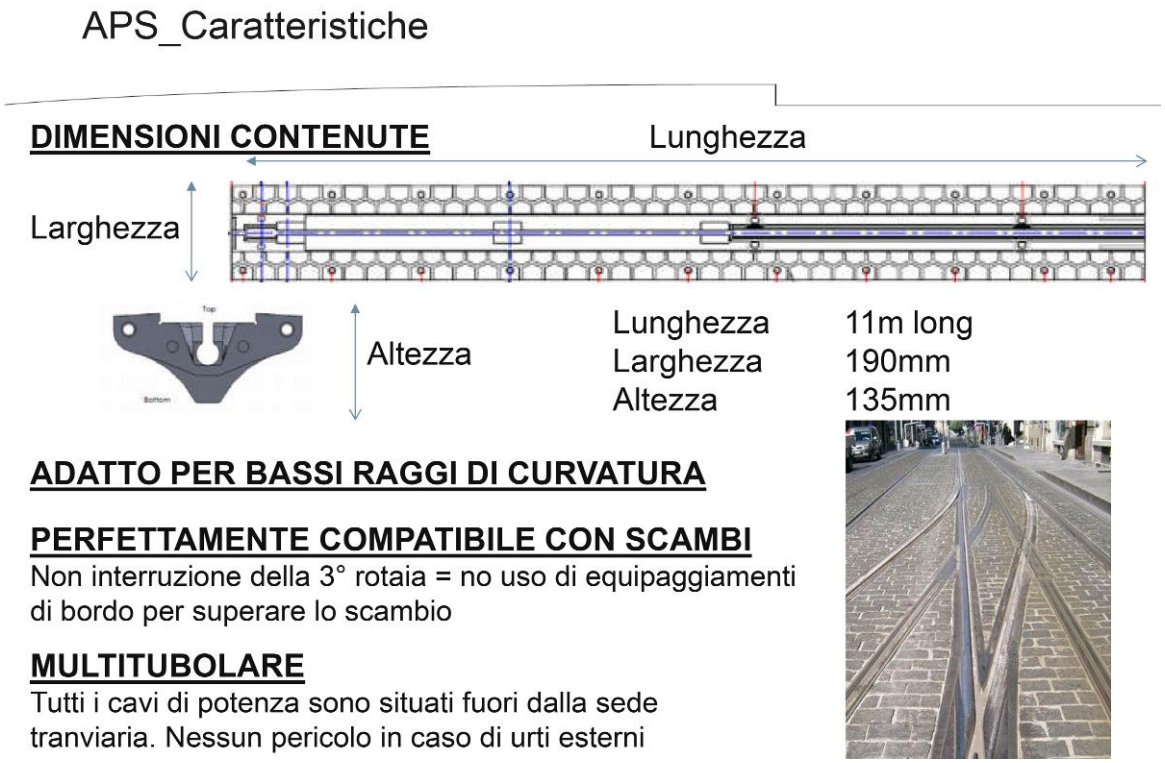
AFFIDABILITÀ:

- Superiore al 99,95% per una tipica applicazione di 2km di doppio binario.

SICUREZZA:

- La sicurezza dell'APS è stata certificata mediante Safety Case dedicati, confermati da cinque Enti Certificatori, tra i quali CERTIFER, STRMGT, e LLOYD'S.





Per le specifiche tecniche ed altri dati su APS, si rimanda all'Allegato C.

4.6 ALIMENTAZIONE DA LINEA DI CONTATTO AEREA

Poiché il tram CITADIS è provvisto anche di pantografo, può circolare alimentato da catenaria nelle aree dei depositi e sulle linee esistenti.
Eventuali nuovi tratti di linea di contatto verranno attrezzati in maniera analoga a quelli esistenti.

4.7 SOTTOSISTEMA DI GESTIONE

Le SSE sono previste normalmente impresenziate, comandate e controllate dal Posto Centrale di Comando situato nell'area di deposito o attraverso i posti di governo computerizzati in SSE.
Per ogni S.S.E. sono da telegestire le seguenti sezioni:

- Sezione media tensione;
- Sezione trasformatore gruppo raddrizzatore;
- Sezione corrente continua;
- Sezione servizi ausiliari e quadri BT

Il sistema SCADA ha il compito di centralizzare al Posto centrale le informazioni relative agli impianti di alimentazione.
L'operatività sopra descritta è realizzata tramite le funzionalità messe a disposizione dal sistema SCADA. Le informazioni che dal centro viaggiano verso la periferia, definite Telecomandi (TC) (dal punto di vista dello SCADA sono degli output) permettono di impartire i comandi necessari alla gestione degli impianti in questione. I telecomandi possono corrispondere a comandi singoli, macrocomandi o sequenze di comandi (gestite da PLC). Le informazioni che viaggiano dalla periferia verso il centro sono definite Teleconcontrolli e sono visti dal sistema SCADA come input. I telecontrolli possono ulteriormente classificarsi come:

- Teleallarmi: relativi a condizioni d'anormalità o guasti;
- Telesegnalazioni: relative a variazioni di stato degli organi comandati.
- Telemisure: misure analogiche d'interesse ai fini della gestione dell'impianto

4.7.1 DESCRIZIONE

Il sistema di gestione è composto essenzialmente da un hardware commerciale ed espleta, insieme a pacchetti Software, le funzioni di:

- gestione, comando e controllo degli enti componenti la SSE
- acquisizione ed elaborazione di misure e parametri
- invio dati e ricezione comandi dal Posto Centrale di comando e controllo, dal PC portatile
- realizzazione ed attuazione tutte le logiche di comando e controllo, protezione e interblocco degli enti stessi

La supervisione ed il controllo dell'impianto sono realizzati attraverso l'acquisizione dei segnali provenienti dalla periferia, la gestione dei comandi operatore, il controllo sullo stato delle apparecchiature, l'acquisizione di misure e la produzione d'allarmi. Gli allarmi sono generati per mancata esecuzione di un comando impartito o in corrispondenza di determinate situazioni d'anomalia dei componenti dell'impianto.
Gli impianti d'alimentazione da gestire sono le sottostazioni elettriche di conversione e relativi servizi ausiliari, le cabine di trasformazione MT/BT, i gruppi di continuità UPS, gruppi d'emergenza.
La gestione degli impianti d'alimentazione elettrica comprenderà:

- la verifica costante dello stato di funzionamento degli impianti attraverso teleallarmi, telesegnalazioni e telemisure.
- la riconfigurazione telecomandata delle reti di alimentazione elettrica in caso di avaria o manutenzione in modo da garantire per quanto possibile la continuità del servizio.

4.7.2 RICONFIGURAZIONI

Per i collegamenti delle SSE alla rete MT sono predeterminate un numero fisso configurabile di configurazioni che dipendono da possibili mancanze di uno dei collegamenti primari ENEL o da interruzioni del cavo MT di interconnessione delle SSE.
È possibile riconfigurare dal Posto Centrale le SSE scegliendo una di queste configurazioni.
È possibile anche riconfigurare i collegamenti della rete TE operando sugli interruttori delle SSE in caso di fuori servizio di una delle SSE (per manutenzione o guasto) ed in tal caso la sezione di linea TE interessata sarà alimentata da una delle SSE limitrofe.

4.7.3 DIAGNOSTICA

La funzione diagnostica è finalizzata alla gestione della manutenzione preventiva.
Le varie SSE sono equipaggiate con appositi sensori in grado di rilevare grandezze che, implementate con opportuni algoritmi (conteggi-manovre, energia passanti, tempi, valutazione correnti data-base dei componenti ecc.), permettono la valutazione dell'usura dei componenti principali del sistema, ottenendo in anticipo, le informazioni necessarie agli interventi di manutenzione e/o sostituzione.
Sarà predisposta la possibilità di implementare una funzione "gestione ricambi", imperniata su un data-base, sul quale saranno riconoscibili elementi essenziali dei componenti, quali caratteristiche, tipo, grandezze, anno di costruzione, collaudi eseguiti, norme di riferimento, ulteriori ditte costruttrici, soluzioni alternative al ricambio, etc.

5. SOTTOSISTEMA DI CONTROLLO E COMANDO TRAMVIARIO

Il Sottosistema di Controllo e Comando della tramvia è basato sull'utilizzo di applicazioni hardware e software già implementate con successo in altre tramvie.
Il Sottosistema di Controllo e Comando è di ausilio al conducente nella marcia a vista al fine di garantire i requisiti prestazionali di sistema richiesti ed assicurare i transiti in sicurezza nei tratti singolari di linea quali:

- zone di manovra: capolinea o bivi;
- zone a scarsa visibilità;
- intersezioni con viabilità ordinaria (incroci stradali, pedonali);
- intersezioni fra le linee tranviarie;
- depositi.

In tali aree, lungo il percorso, sono previsti gli apparati che permettono di ottenere un adeguato livello di sicurezza al fine di evitare collisioni tra veicoli e/o deragliamenti al transito dei veicoli sui deviatoi.
Il Sottosistema di Controllo e Comando è costituito dai seguenti impianti:

- sistema di segnalamento;
- sistema di localizzazione del veicolo e regolazione della marcia.

Il Sottosistema di Controllo e Comando fornisce inoltre le informazioni ed i dati necessari al sistema di preferenziamento semaforico.
Tutte le funzionalità del Sottosistema di Controllo e Comando sono in costante collegamento con il Posto Centrale di Controllo (PCC), da adeguare alle accresciute necessità nell'ambito del presente progetto.
Il PCC è in grado di supervisionare il regolare svolgimento dell'esercizio sulle linee, intervenendo mediante l'invio di messaggi mirati o generalizzati, tendenti a riportare alla normalità eventuali situazioni anomale.
La localizzazione del veicolo lungo la linea consente di realizzare la funzionalità di "Train Describer" presso il PCC.
Il sistema di priorità semaforica, descritto nel capitolo successivo, consente al veicolo che si approccia ad un incrocio con la viabilità ordinaria di ottenere il preferenziamento, limitando al minimo possibile le perturbazioni al regolare svolgimento del servizio. Il sistema è supportato dal Sottosistema di Controllo e Comando che fornisce le informazioni di localizzazione del veicolo in prossimità degli incroci (v. Tav.108 - Particolari segnalamento).
L'architettura del Sottosistema di Controllo e Comando comprende:

- il Posto Centrale di Comando e Controllo (PCC), nel quale sono concentrate le applicazioni di:
  - controllo del movimento dei tram nel Deposito e nell'area del bivio di ingresso/uscita dalla linea;

  - supervisione e localizzazione dei veicoli tramviari in linea e nel deposito, gestione della circolazione;
- gli apparati periferici di linea per la gestione della sicurezza del movimento dei veicoli tranviari;
- gli apparati mobili sui veicoli tranviari.

Per il collegamento degli apparati di PCC con gli apparati di linea il Sottosistema di Comando e Controllo si avvale del supporto del Sistema di Comunicazione in Fibra Ottica, mentre la comunicazione con gli apparati di bordo è assicurata tramite i loop di terra menzionati ed il sistema radio.

5.1 APPARATO DI SEGNALAMENTO

La funzione dell'apparato di segnalamento è quella di garantire transiti in tutti quei punti della linea che possono essere potenzialmente critici in quanto interessati da "rotte", la cui attuazione contemporanea non è fattibile senza rischio di collisione.
Il sistema di segnalamento gestisce quindi intere aree garantendo i transiti di un veicolo in sicurezza impedendo, di fatto la formazioni di rotte incompatibili (l'altro binario è percorso da un altro veicolo).
Le funzionalità del Sottosistema di Segnalamento sono distribuite e realizzate da appropriati apparati collocati nei tre livelli: Centro, Bordo, Periferia.

Le principali funzioni sono:
- verifica dello stato degli enti
- verifica delle rotte conflittuali;
- controllo in sicurezza delle aree di scambio;
- supervisione a livello centrale dei movimenti del tram;
- gestione allarmi e diagnostica;
- registrazione cronologica degli eventi.

Tali funzioni saranno realizzate dal Sottosistema di segnalamento attraverso le seguenti fasi:
- prenotazione comando: generalmente attuato dal conducente a bordo veicolo;
- acquisizione dei controlli/stati relativi agli apparati di segnalamento di linea;
- verifica dello stato dell'area (anomalie, bloccamento o prenotazioni in atto);
- comando manovra deviatoi;
- elaborazione e verifica degli stessi, utilizzando opportuni algoritmi semplici dedicati ad ogni singola tipologia di controlli ed algoritmi complessi che mettono in relazione varie tipologie di controlli, al fine di mettere a disposizione delle altre unità

funzionali lo stato puntuale di tutti gli enti che compongono la segnaletica e lo stato degli allarmi associati;

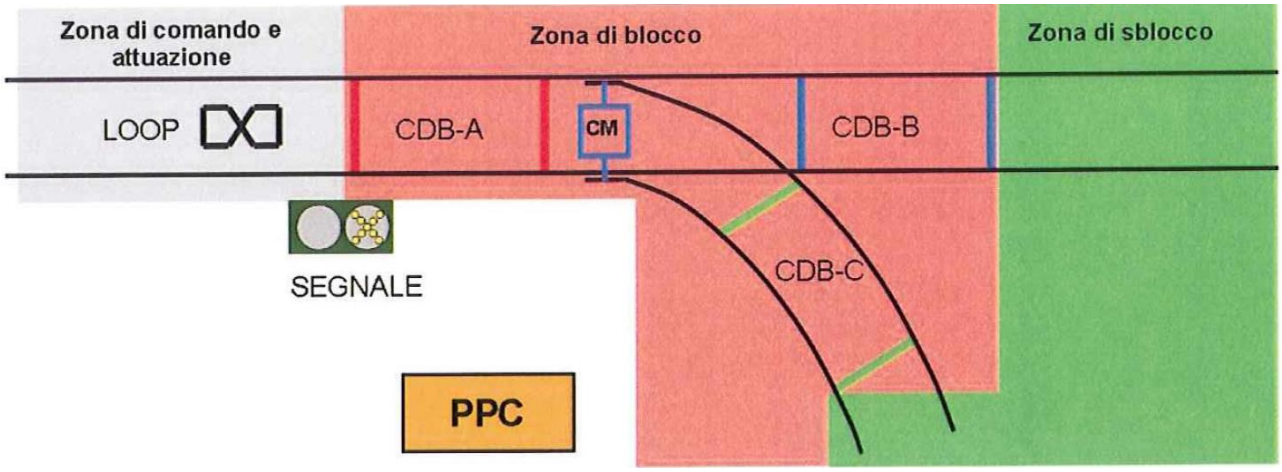
- bloccamento della rotta (o della manovra della cassa del deviatoio);
- manovra segnale: autorizzazione a procedere nella marcia;
- liberazione:
  - elastica: man mano che il tram avanza libera la zona di percorso e l'area di scambio per permettere movimenti compatibili contemporanei ;
  - rigida: avviene sul punto finale dall'ente preposto a tale funzionalità
- rappresentazione dello stato, degli allarmi e dell'esito dei comandi sull'interfaccia operatore delle postazioni interessate;
- invio nei Concentratori periferici dei comandi di manovra deviatoi, effettuati dalla postazione del Regolatore nel caso di funzionamento degradato (es. mancanza di comunicazione bordo-terra), evidenziando eventuali errori di trasmissione e/o di acquisizione da parte delle logiche periferiche.

5.1.1 GESTIONE TIPICA DELLE ZONE DI MANOVRA

Di seguito si vuole fornire per esempio un'applicazione funzionale delle fasi precedentemente riportate utilizzando degli apparati tipici del sistema di segnalamento associandoli alle singole funzioni.
Gli enti principali sono:

- apparati di trasmissione da bordo (il loop} per la richiesta da bordo veicolo di una rotta;
- apparati di bloccamento (il circuito di binario a monte della cassa di manovra CDB-A);
- apparati di liberazione (i circuiti di binario a valle della cassa di manovra in direzione del corretto tracciato CDB-B e in direzione deviata dal corretto tracciato CDB-C);
- apparati di rilevamento della posizione degli scambi elettrici e a molla (micro switch interni alla cassa di manovra)
- i segnalitranviari;
- la cassa di manovra deviatoio (CM);
- armadio di controllo area (PPC).

Lo schema successivo mostra una disposizione tipica degli apparati di segnalamento per la gestione in sicurezza di una zona con un deviatoio semplice:



Il conducente quando il tram transita sul loop, invia la richiesta di prenotazione, in accordo con la tabella seguente che indica come le singole rotte sono attivabili dal sistema di bordo:

INSTRADAMENTO	ATTIVAZIONE
Retta	Manipolatore bordo (joystick) in avanti (dritto)
Deviata	Manipolatore bordo (joystick) a destra

Il loop di comando ed il segnale sono distanziati in funzione della visibilità, della velocità teorica, degli spazi di frenata e del tempo necessario al sistema per azionare il deviatoio.
La richiesta comporta la fase di verifica della via in funzione dell'acquisizione dello stato degli enti. Successivamente il PPC provvede a:

1. comando: posizionare il deviatoio in conformità alla rotta richiesta;
2. elaborazione: verificare che la posizione assunta dal deviatoio sia conforme con la richiesta ricevuta;

Al termine delle suddette operazioni il PPC si pone in stato di bloccato e la cassa di manovra è bloccata (bloccamento)

3. manovra segnale: posizionare la lanterna in conformità alla posizione assunta dal deviatoio.

Il tram può impegnare il deviatoio e, non appena viene rilevato il transito sul CDB-A, il PPC provvede a posizionare il segnale su occupato in modo tale che un eventuale tram in accodamento non possa impegnare indebitamente l'area.
Il PPC verifica che il transito sia effettuato il modo corretto e si riporta nello stato di libero quando il tram transita sul CDB a valle della cassa di manovra (CDB-B per la retta e CDB-C deviata).
Pertanto il transito in sicurezza consiste nel garantire il blocco del deviatoio per tutto il tempo che intercorre tra il comando di azionamento (che avviene a fronte della richiesta di rotta acquisita tramite loop) e la liberazione del deviatoio stesso (che avviene dopo il

transito del tram sul circuito di binario a valle della cassa di manovra). Ciò impedisce che il deviatoio possa essere azionato causando un deragliamento del tram in transito
Eventuali richieste di rotta che pervengono durante il transito di un tram sono memorizzate dal PPC ed eseguite quando il transito in corso è terminato.

5.2 LOCALIZZAZIONE DEI VEICOLI TRAMVIARI

Un requisito fondamentale per la supervisione della flotta tranviaria è rappresentato dalla possibilità di visualizzare, sull'interfaccia operatore delle postazioni interessate, la posizione dei convogli tranviari, sia in linea in modo continuo che in deposito per zone.
Le funzioni di localizzazione del veicolo vengono espletate attraverso l'installazione di loop di comunicazione in punti della linea stabiliti in fase progettuale (v. Tav.108 - Particolari segnalamento).
Tali dispositivi sono collegati ai relativi apparati di controllo, che provvedono a trasferire i dati di localizzazione al nodo di rete ("switch ethernet") geograficamente più vicino (posto in fermata nell'armadio di telecontrollo).
La localizzazione deve altresì essere resa continua, mediante l'ausilio delle informazioni fornite dall'odometro di bordo e trasmesse al Posto Centrale Operativo grazie al sistema radio. A tal proposito, la frequenza minima di messaggi di localizzazione via radio verrà definita in funzione di limiti delle caratteristiche tecniche della stessa e concordata successivamente.
Il Sottosistema deve inoltre inviare al sistema di Telecontrollo le previsioni di arrivo in fermata e al sistema di controllo semaforico le previsioni di arrivo presso gli incroci.
Più in generale tutte le informazioni, gestite direttamente o indirettamente dal Sottosistema di Segnalamento, concepite per essere inviate al sistema di manutenzione (o per essere ricevute da esso) devono essere scambiate tra il Sottosistema di Segnalamento e il Sottosistema di manutenzione secondo modalità che verranno successivamente concordate.
Il Sottosistema di Posto Centrale deve inoltre prevedere l'implementazione di applicativi di reportistica degli eventi: in particolare, dovranno essere rese disponibili almeno le seguenti funzioni:

- per ogni veicolo, la possibilità di elencare data e ora relativa al passaggio del convoglio tranviario su ciascun loop della linea;
- possibilità di accedere (direttamente dalla workstation operatore) a un'interfaccia completa di elaborazione statistica (tempi di percorrenza per ogni servizio, tempi di stazionamento alle fermate, servizi non eseguiti etc.);

Il Sottosistema di Segnalamento deve altresì svolgere funzioni di regolazione del traffico tranviario. Occorre prevedere a tal riguardo:

- azioni di controllo della marcia di ogni tram mediante confronto tra la tabella oraria teorica e i dati desunti dall'effettiva percorrenza della linea;

- regolazioni d'orario (in condizioni di normale esercizio, per minimizzare lo scostamento dalle tabelle orarie teoriche);
- regolazioni di intervallo orario (in condizioni perturbate, per garantire il mantenimento della distanza temporale tra veicoli consecutivi);
- regolazioni al capolinea (per il rispetto del cadenzamento ed il recupero dei tempi), con gestione dei "rear e front crossover";
- gestione delle corse barrate;
- gestione delle corse per "veicoli non inizializzati (fuori servizio)";

Nel caso di indisponibilità del sistema radio, si richiede al sistema di bordo di effettuare in locale le operazioni di regolazione, determinando autonomamente lo stato di ritardo/anticipo, in funzione di "timing points" preimpostati. Ciò è possibile in quanto esso dispone delle tabelle orarie previste per un dato servizio e può awalersi dei dati forniti dall'odometro di bordo.
Il caricamento del file di servizio avviene in deposito nelle apposite aree di carico e scarico dati, all'atto della inizializzazione del veicolo, prima dell'uscita dall'area di deposito; al termine della corsa, sempre nelle suddette aree di carico e scarico dati, il veicolo trasferisce al Posto Centrale Operativo i dati di manutenzione e archiviazione statistica, secondo modalità previste.
Il sistema dovrà gestire l'invio real time delle informazioni di allarme (ad es. fault di odometro, allarme apertura porte etc.).
Presso il Posto Centrale Operativo viene così realizzata la funzione di "Train Describer", ossia la visualizzazione della posizione del veicolo su un opportuno quadro sinottico.
I punti di rilevamento fissi lungo la linea possono essere in comune a quelli che ricevono il comando di sincronizzazione semaforica inviate dal veicolo posizionati nei pressi degli incroci stradali intersecati dal flusso tranviario ed inoltre le stesse postazioni possono essere disposte nelle fermate.

5.3 APPARATI DI LINEA E DI BORDO

5.3.1 POSTO PERIFERICO DI CONTROLLO

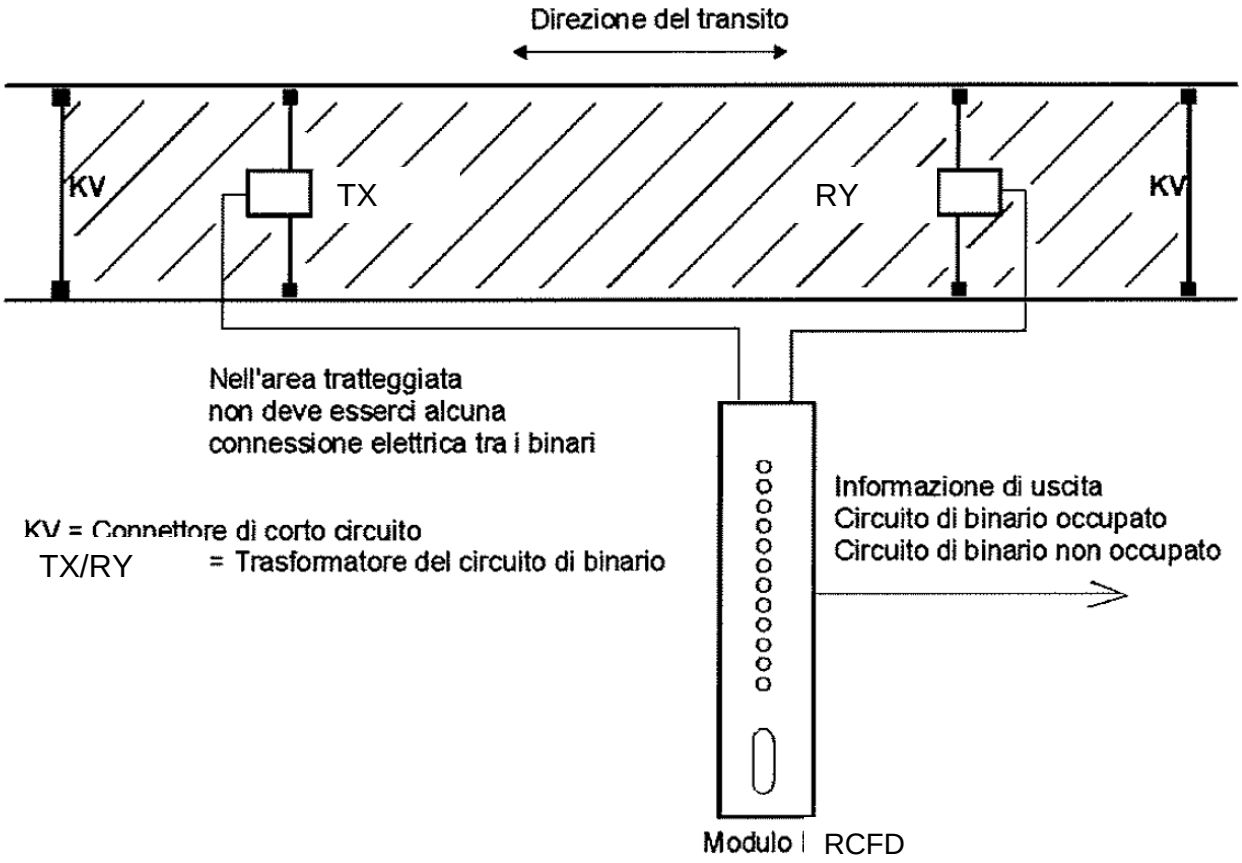
Le apparecchiature elettroniche di linea sono collocate in armadi di zona denominati PPC (Posto Periferico di Controllo). In ciascun PPC sono comprese le sezioni dedicate alle funzioni di:

- alimentazione elettrica
- controllo della trasmissione terra-bordo attraverso i loop stesi tra i binari (solo in linea)
- controllo dei circuiti di binario
- controllo dei deviatoi motorizzati
- comando dei segnali luminosi tramviari

- logica di attuazione in sicurezza degli istradamenti

5.3.2 CIRCUITI DI BINARIO

Il circuito dì binario CDB è utilizzato per rilevare la presenza dì un veicolo tramviario su un tratto di binario.
Esso utilizza le rotaie dì un tratto dì binario di lunghezza variabile a seconda della lunghezza del veicolo e della velocità massima dì percorrenza.
Il principio di funzionamento consiste nella immissione dì un segnale in tensione alternata (con una frequenza selezionata tra 16 disponibili in un intervallo compreso tra 7,2 e 13,5 kHz) a una estremità della rotaia del circuito tramite un trasformatore trasmettitore e nel suo rilevamento tramite un trasformatore ricevitore all'altra estremità. Il circuito, senza giunti isolanti, è fornito alle estremità dì appositi cavi elettrici dì cortocircuito che delimitano la lunghezza del circuito dì binario stesso (cortocircuitando le frequenze dì lavoro).
Un eventuale cortocircuito tra le rotaie, determinato dai carrelli del tram causa uno squilibrio del segnale che viene acquisito dal modulo ricevitore di segnale RCFD che determina lo stato dì occupazione del cdb, fino a che non si ristabilisce il segnale corretto che determina la sua liberazione.



5.3.3 LOOP

Sì tratta dì un filo di rame posato tra le rotaie a forma di 8 le cui dimensioni dipendono dalla velocità dì transito del tram.
Esso costituisce una antenna dì trasmissione e ricezione che permette la comunicazione con il veicolo che vi transita sopra.
I loop di comunicazione vengono selezionati ciclicamente in trasmissione e su ciascuno viene trasmesso un segnale di interrogazione. Quindi è commutato in ricezione. Se sul loop c'è un veicolo equipaggiato con un transponder, esso reagisce al segnale trasmettendo un messaggio con il proprio codice di identificazione veicolo e altri dati impostati dal conducente. Il ciclo continua quindi con gli altri loop.

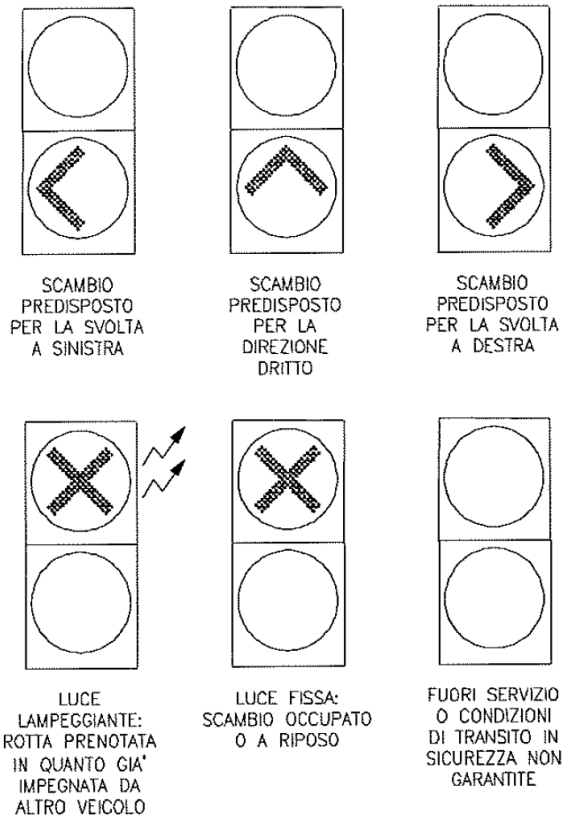
5.3.4 CASSE DI MANOVRA

Sono utilizzate casse di manovra a montaggio centrale (interno al binario) dei seguenti tipi:

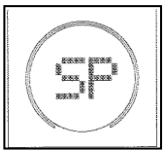
- casse di manovra elettroidrauliche con blocco meccanico degli aghi, normalmente non tallonabili. Sono adottate dove è richiesto il telecomando da bordo tram. Possono tuttavia essere tallonate a bassa velocità in caso di manovre eccezionali con forzamento dei blocchi, senza che questi si rompano e senza operazioni di ripristino,
- casse meccaniche tallonabili con ritorno a molla nella posizione normale. Il meccanismo della cassa dispone di molle a precompressione regolabile che determinano il ritorno degli aghi nella posizione iniziale a seguito di un tallonamento. Sono adottate negli scambi che non hanno alternative di percorso e quindi non hanno necessità di essere telecomandati. Il meccanismo di manovra è inoltre dotato di uno smorzatore idraulico per ridurre la rumorosità durante la movimentazione degli aghi nonché la loro usura.
- casse meccaniche tallonabili con ritorno a molla in una delle due posizioni preselezionate manovrando con apposita leva. Sono adottate negli scambi del Servizio Provvisorio.

5.3.5 SEGNALI TRAMVIARI

In base alle modalità operative del Posto Periferico di Controllo ed alla necessità di indicare al conducente del veicolo la prenotazione (memorizzazione) di una rotta occupata, vengono utilizzati in linea ed in deposito i segnali tranviari riportati nella figura.
Per garantire la sicurezza, quando il sistema è in uno stato di malfunzionamento entrambe le luci dei segnali sono spente.



La costruzione della tranvia prevede la possibilità di gestire dei casi di interruzione di parti della linea. Per tale scopo sono presenti lungo la linea i Segnali per il Servizio Provvisorio.



Il Segnale per il Servizio Provvisorio, mostrato nella figura a lato, è una lanterna con il simbolo luminoso SP e può essere acceso solo dal conducente tramite un interruttore a chiave posto sul palo del segnale stesso.

5.3.6 APPARATI DI BORDO

Il sistema che realizza le funzionalità dì segnalamento e dì localizzazione a bordo veicolo è costituito dai seguenti apparati:

- unità di elaborazione, con capacità di calcolo e con interfacce hardware verso pannelli conducente, apparato di diagnostica tram, sistema radio, apparato dì comunicazione bordo/terra, odometro;
- due pannelli conducente (uno per cabina tram) ciascuno costituito da un display alfanumerico e da una tastiera che rappresentano i dispositivi attraverso cui i conducenti interagiscono con il sistema di elaborazione;
- due apparati di comunicazione bordo/terra (uno per cabina tram) che permettono lo scambio di dati tra bordo/terra e terra/bordo interfacciandosi con l'unità di elaborazione e con l'antenna induttiva di bordo (transponder);
- due antenne induttive di bordo (transponder) per la comunicazione con i loop;

- due manipolatori (joystick) uno per ogni cabina, che consentono al conducente di inviare i comandi sinistra, dritto e destra all'impianto di segnalamento.

6. GESTIONE DELLA PRIORITÀ SEMAFORICA AGLI INCROCI STRADALI

6.1 DESCRIZIONE GENERALE LOGICA DI CONTROLLO

Le linee tranviarie di progetto presentano numerose intersezioni a raso con la viabilità stradale ordinaria e quindi un elevato potenziale di conflitto con la circolazione su gomma.
In particolare sono previsti sia attraversamenti di incroci con semaforizzazione esistente, sia attraversamenti con semaforizzazione ex novo (v. Tav. 109 - Particolari semaforizzazione).
Nelle tratte di progetto in cui è prevista la tramvia veloce è previsto l'inserimento di un sistema tecnologico atto a garantire la priorità semaforica al tram rispetto alla circolazione ordinaria.
Il sistema di priorità semaforica, essendo finalizzato a favorire la regolarità e la velocità di esercizio del tram, è in grado, possedendo grande flessibilità di gestione, di non penalizzare eccessivamente la circolazione stradale su gomma, sia privata che pubblica.
È necessario prevedere:

- l'adeguamento della segnaletica orizzontale, verticale e luminosa presso gli incroci con semaforizzazione esistente;
- la centralizzazione semaforica di tutte le intersezioni con la linea tramviaria, mediante un sistema predisposto per la priorità al mezzo tramviario;
- la realizzazione di Piani Particolareggiati del Traffico per i comparti urbani adiacenti alla nuova linea.

6.2 TECNOLOGIE

Il Sottosistema di controllo semaforico a livello centrale è realizzato tramite un sistema di gestione con lo specifico compito di realizzare un coordinamento funzionale nella regolazione delle intersezioni stradali lungo la tramvia, una gestione centralizzata di tutti i parametri, e consentire inoltre una visione globale del traffico pubblico e privato.
Tale gestore ha il compito di:

- attuare i criteri di preferenziamento del trasporto su ferro come sotto descritti
- effettuare la regolazione dei piani semaforici in funzione dei dati di traffico
- colloquiare con il sottosistema di localizzazione
- trasmettere e gestire le informazioni riguardanti flussi di traffico verso l'UTC comunale

E' così possibile implementare gli algoritmi per generare "onde verde" semaforiche con variazioni dinamiche in funzione dei dati di localizzazione dei tram in modo tale da consentire a quest'ultimi l'attraversamento degli incroci senza fermata.
In particolare l'impianto di localizzazione (a cura del Sottosistema di Controllo e Comando) invia al sistema di gestione i dati di localizzazione dei veicoli. L'apparato di localizzazione periferico, per ciascun senso di marcia e attraverso contatti liberi da tensione (digitai output), rende disponibili al regolatore semaforico di ciascun incrocio informazioni sulla presenza del tram nelle varie situazioni (anticipo, orario, ritardo, in prossimità dell'incrocio, oppure con richiesta forzata della fase semaforica di bordo e liberazione dell'incrocio).
Il Sottosistema di controllo semaforico ha il compito di garantire il preferenziamento dei tram agli incroci per consentire una adeguata velocità commerciale.
Per il raggiungimento di tali scopi, in condizioni di normale esercizio il riferimento per la circolazione dei veicoli è rappresentato dalla tabella oraria, mentre in condizioni anomale il sistema permette l'applicazione di due diverse logiche di regolazione:

- il mantenimento della frequenza di passaggio dei veicoli, e quindi la creazione di una nuova tabella oraria "traslata nel tempo";
- il rispetto della tabella oraria originaria, e quindi l'assegnazione a ogni veicolo di una tabella corrispondente a una corsa differente.

Gli elementi che compongono il sistema di asservimento semaforico sono:

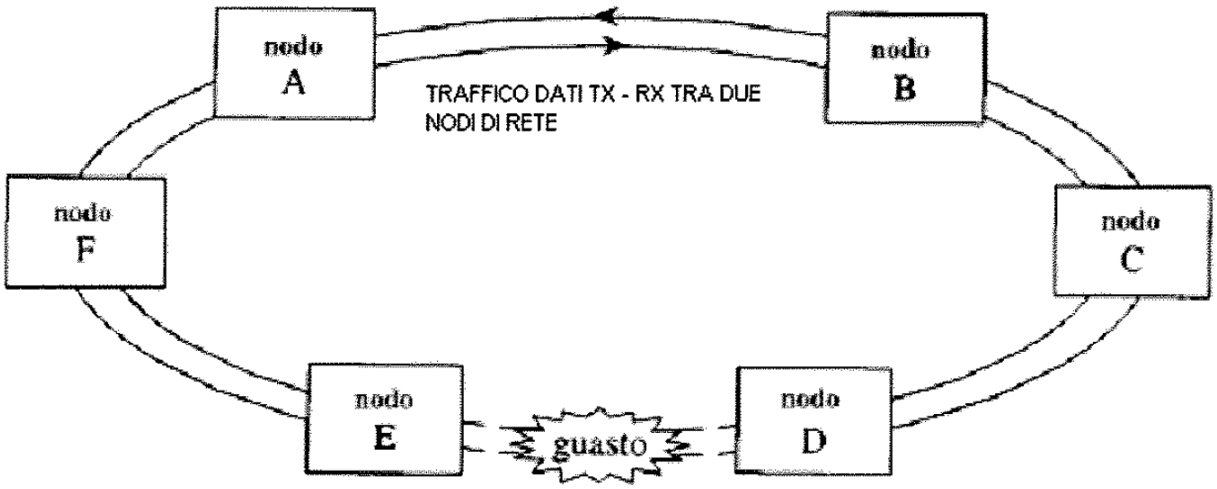
- un sistema di localizzazione del veicolo mediante trasmissione continua via radio;
- un sistema di richiesta di attuazione per il preferenziamento semaforico tramite tre loop di terra (1-priorità, 2-comando, 3-rilascio). Eventualmente il primo trasponder di priorità può essere associato, in caso di spazi ridotti, con quello di comando dell'incrocio precedente o con quello di localizzazione nella fermata precedente.
- una unità di elaborazione che svolge attività di sincronizzazione semaforica, richiesta di attuazione e comando dei segnali semaforici tranviari dell'incrocio;
- una unità periferica multifunzione per la regolazione dell'incrocio stradale;
- semaforo a barre per il tram e il semaforo a tre luci per i veicoli gommati.

7. SOTTOSISTEMI TRASMISSIVI ED INFORMATIVI

7.1 SISTEMA TRASMISSIVO

Il Sottosistema trasmissivo è basato su di una Rete in Fibra Ottica che utilizza Switch Ethernet di Layer 3 per ogni nodo di rete, ovvero in corrispondenza di ogni fermata.
Tali apparati garantiscono le caratteristiche richieste in termini di switching/routing/priorità dei diversi flussi di traffico dati che devono essere trasportati dalla rete in oggetto.
Ciascuna delle linee avrà una propria rete in fibra ottica con topologia ad anello che garantirà, in caso di guasto in un tratto di linea, la richiusura del traffico dati sul ramo di rete attivo (v. Tav.110 - Particolari telecomunicazioni - ponti radio).

Per ogni linea la richiusura avverrà al PCC mediante collegamenti in fibra ottica.



La caratteristica della fibra monomodale risponderà alle norme CCITT in vigore.
Il cavo a fibre ottiche presenterà guaina di polietilene rispondente alla Norma tecnica in vigore (attualmente FSTT 528 Ed. 1996) con pezzature della lunghezza massima reperibile sul mercato.
I cavi a F.O. saranno terminati sui telai delle fermate e SSE della tramvia installati in appositi armadi in caso di spillamento (drop-insert).
Al fine di rispondere al meglio ai requisiti richiesti, la soluzione proposta presenta le seguenti funzionalità:

- Gestione del protocollo IP;
- Gestione del routing;
- Gestione del protocollo per la gestione del multicasting (necessario per la gestione del tvcc);
- Configurazione e garanzia della Qualità del Servizio (QdS) in termini di priorità, banda passante, ritardo massimo, ecc.;

Per le utenze di TVCC, la Telefonia di fermata e la Diffusione Sonora (in quanto scambiano dati sensibili ai ritardi di trasmissione) saranno adottate politiche di Qualità del Servizio (QoS).

7.2 RADIO

Il Sottosistema di comunicazione radio utilizzato, impiega la stessa rete radiomobile TETRA in esercizio sulle linee esistenti, opportunamente ampliata e potenziata.
In particolare si prevede di effettuare l'installazione su pali/torri faro della pubblica illuminazione, ipotizzando anche un sistema di rimando del segnale per le zone non totalmente coperte dallo stesso. Nelle successive fasi progettuali si potrà considerare la

possibilità di utilizzare frequenze libere del sistema TETRA già in uso presso il Comando di Polizia Municipale.
Le principali caratteristiche della tecnologia TETRA sono:

- sistema di comunicazione radio digitale allo stato dell'arte, pienamente compatibile con lo standard TETRA definito a livello europeo;
- instaurazione veloce delle chiamate;
- gestione delle priorità tra le varie comunicazioni radio per far fronte alle eventuali situazioni di emergenza;
- elevata efficienza "spettrale" rispetto agli altri sistemi radiomobili;
- sicurezza delle comunicazioni, grazie a procedure di autenticazione e protezione di tipo crittografico;

Il Sottosistema è composto da:

- il sistema centrale, comprendente la Stazione Radio Master
- il sistema Radio di Terra, composta da Stazioni Radio Base (SRB) che forniscono la copertura agli apparecchi radio mobili e veicolari;
- il sistema Radio Mobile, costituito dagli apparati radio mobili e dagli apparati veicolari installati a bordo dei tram, che consentono la comunicazione in fonia del tipo half e full-duplex fra il treno ed il PCC e la comunicazione dati tra il tram e il PCC

Le caratteristiche tecnologiche degli apparati della rete proposta, permetteranno di soddisfare i seguenti requisiti:

- essere in grado di supportare indifferentemente traffico voce e dati;
- garantire in modo automatico la continuità della comunicazione mentre l'utente si muove sul territorio (Hand-over);
- poter facilmente rintracciare gli utenti mobili ovunque si trovino all'interno dell'area di servizio;

La rete provvede alla selezione automatica in accesso dei terminali e ridiffonde il segnale migliore sulla stessa frequenza in tutta l'area di copertura. I terminali sono serviti indipendentemente dalla loro posizione come se fossero coperti da un unico ripetitore.
In particolare il sistema è progettato per consentire, senza soluzione di continuità temporale e lungo l'intero sviluppo della linea:

- comunicazioni in fonia tra utenti mobili e la Centrale Operativa (PCC);
- servizio di trasmissione dati;
- trasmissione dati di localizzazione tra i radiomobili ed il Sistema di Localizzazione (detto anche AVLS: Automatic Vehicle Location System) sito al PCC.

Funzionalmente saranno possibili, indipendentemente dal tracciato, dal tipo di manufatto di linea e da eventuali altri fattori legati alla configurazione della linea, le seguenti tipologie di comunicazione in fonia:

- da terra verso il conducente (radio veicolare): selettiva, di gruppo, generale o da utente telefonico (tramite interfaccia al PABX)

• dal conducente verso terra: o tra tram e PCC: tra tram e tram (mediante PCC) o tra tram e squadre di servizio; ascolto discreto (in emergenza) della fonia in cabina da PCC; verso un utente telefonico (tramite interfaccia al PABX)

7.3 SISTEMA DI BORDO

Il sistema di bordo (OBS) è costituito essenzialmente da:

• Unità di Controllo radio (CU-Control Unit) basata su logica a microprocessore

• Apparati di cabina utilizzati dal conducente per la comunicazione fonia e dati con il PCC:

  - Radio handset (microtelefono con tastiera);
  - Altoparlante con amplificatore di cabina, microfono nascosto di cabina; o Pedale allarme aggressione.

I veicoli della flotta tranviaria sono bidirezionali e pertanto è prevista la duplicazione degli apparati di cabina. Per quanto riguarda la ridondanza degli apparati di bordo, è prevista, per ciascun veicolo, la duplicazione degli apparati radio di bordo.

Tale sistema consentirà le seguenti funzionalità:

• Gestione delle comunicazioni radio in fonia e dati con il PCC mediante interfaccia con gli apparati radio di bordo (ricetrasmettitori radio completi di antenne e convertitori di tensione, radio handset);

• Interfaccia verso il sistema di segnalamento di bordo: per la gestione delle segnalazioni di allarme relative alle apparecchiature radio di bordo e agli apparati di cabina sopra riportati, in accordo a quanto riportato successivamente; per la gestione della comunicazione dati via radio con il PCC;

• Interfaccia verso il sistema di informazioni ai viaggiatori per la diffusione di annunci sonori provenienti da PCC;

• Interfaccia verso il sistema di diagnostica del veicolo (apparecchiature di veicolo installate sul rotabile);

• Gestione della segnalazione di allarme aggressione conducente verso gli operatori di PCC;

• Diffusione in viva voce di annunci sonori da PCC;

• Comunicazione dati per lo scambio dei dati da bordo a PCC mediante i posti periferici lungo linea; in particolare, la trasmissione da bordo ai posti periferici dovrà essere realizzata mediante transponder;

• Stazioni carico/scarico dati presso il Deposito (carico delle tabelle orarie, scarico dati di bordo, etc.).

L'azionamento del pedale (o pulsante) allarme aggressione da parte del conducente di un veicolo, determina automaticamente l'attivazione del microfono nascosto al fine di consentire l'ascolto di quanto avviene in cabina da parte dell'operatore di PCC.

Il Pedale (o pulsante) sarà opportunamente posizionato in ciascuna cabina di guida in posizione tale da essere usato agevolmente dal conducente seduto (in caso di aggressione), ma allo stesso tempo in modo da evitare un azionamento accidentale.

7.4 DIFFUSIONE SONORA E PANNELLI INFORMATIVI

Il Sottosistema consente all'operatore del PCC di effettuare la diffusione di annunci sonori di servizio o per gli utenti del mezzo, nelle fermate e/o sui veicoli, tramite pannelli informativi e altoparlanti posti nelle fermate.
Gli annunci ai viaggiatori a terra possono riguardare:

- ora;
- tempo d'attesa;
- destinazione prossimo tram;
- coincidenze;
- annuncio prossimo tram in arrivo;
- perturbazioni impreviste;
- passaggi senza sosta;
- evacuazione;
- informazioni varie di gestione;
- informazioni in tempo differito;
- pubblicità;
- informazioni culturali, sportive, a carattere locale;
- ulteriori informazioni.

Le apparecchiature previste per il teleannuncio nelle fermate sono costituite da un amplificatore di potenza (uno per ogni fermata) e da una coppia di altoparlanti (una per ogni banchina).
L'amplificatore sarà collegati ad un codec audio/video (utilizzato anche per il tvcc) che sarà a sua volte collegato in ethernet RJ45 allo switch L3 di fermata.
La diffusione nelle fermate dei messaggi audio, sarà possibile in tre modalità:

- Automatica
- Manuale
- Dal vivo

In modalità Automatica verranno diffusi nelle stazioni messaggi in accordo con gli eventi generati dal sistema di localizzazione veicoli.
In modalità manuale ogni operatore avrà la possibilità di selezionare dalla sua postazione un messaggio audio da diffondere nelle stazioni. Le priorità sono gestite dallo SCADA di PCC.
In modalità live ogni operatore può diffondere messaggi dal vivo verso la/le stazioni selezionate.

La diffusione di messaggi audio al deposito avverrà tramite un sistema di annunci al pubblico separato da quello dedicato alle fermate.
La modalità di selezione della zona sarà solo manuale tramite consolle e con diffusione dei messaggi solo "dal vivo".
Per la diffusione sonora nelle fermate sarà inoltre previsto un dispositivo per la riproduzione dei messaggi preregistrati.
I pannelli informativi nelle fermate permettono una buona visibilità dei messaggi fino a 10-15 m di distanza.
Il sistema di informazioni al pubblico di tipo visivo sarà realizzato tramite Pannelli informativi luminosi a 2 righe i quali collegati con la rete Gigabit in fermata, ricevono dal PCC le informazioni necessarie ad una corretta informazione ai passeggeri in attesa nelle fermate.
Il sottosistema di informazione al pubblico e costituito dai seguenti blocchi:

- sistema di gestione integrato nello scada di PCC;
- rete di trasporto Gigabit Ethernet;
- pannelli informativi.

Le funzioni svolte dal sottosistema sono:

- visualizzazione dell'arrivo del treno;
- segnalazioni di eventuali ritardi;
- destinazione prossimo tram;
- eventuali tempi di attesa;
- visualizzazione di messaggi inviati dagli operatori del PCC.

Il sottosistema PI è organizzato in due livelli: Centrale e Periferico. A livello centrale (PCC) saranno presenti le postazioni operatore, il sistema di gestione integrato SCADA di PCC e quello di trasmissione dati Gigabit Ethernet, mentre a livello periferico (fermate) saranno presenti i dispositivi di distribuzione e visualizzazione dei messaggi informativi (cartelli indicatori luminosi a led).
L'interconnessione tra gli apparati centrali e periferici awerrà per mezzo della rete multiservizio Gigabit Ethernet. In caso di anomalia di uno dei qualsiasi elementi della rete, la configurazione in ZLS (Zero Loss Services) permetterà al PCC il controllo dei cartelli tramite un percorso alternativo nella rete.
Il Sistema di gestione integrato SCADA al PCC, riceve dal sottosistema di localizzazione dei veicoli AVLS, i dati relativi al numero e alla posizione dei Tram lungo la linea. Lo SCADA automaticamente provvederà ad aggiornare i cartelli indicatori con le informazioni riguardo l'arrivo del prossimo treno o eventuali condizioni di ritardo o sospensione del servizio dovuto esempio a scioperi. Questo tipo di messaggi è chiamato messaggio automatico.
Gli operatori al PCC, abilitati alla funzione, possono inviare dei messaggi manuali direttamente sui cartelli indicatori, selezionando da pagina video una fermata, gruppi di fermate o tutte le fermate.

I messaggi manuali hanno priorità maggiore rispetto a quelli automatici.
Le informazioni visualizzate saranno di tipo alfanumerico e la tecnologia utilizzata sarà a matrice di led.

7.5 SORVEGLIAZA VIDEO E TVCC

Il Sottosistema prevede due sistemi di controllo e gestionali tra loro integrati.

- Centrale locale di gestione del sistema di sicurezza (antintrusione) e TVCC: è costituita da più apparecchiature alle quali è demandato il compito di gestire localmente in automatico le procedure degli eventi di routine e allarme. Ha la funzione di concentratore di dati e gestione TVCC ed è ubicato in apposito armadio nelle fermate.
- Centrale di gestione del posto centrale: nella centrale convergono le informazioni provenienti dalle aree sorvegliate dell'intera tratta tranviaria ed è presente:
  - apparecchiature video con il compito di monitorare le immagini di tutti i sistemi TVCC della tratta tranviaria;
  - apparecchiature di telecontrollo e telesegnalazione.

Al PCC è previsto un dispositivo di registrazione degli eventi in grado di registrare in modo automatico le informazioni (immagini) ricevute dalle telecamere locali e trasportare le registrazioni su supporto magnetico per creare un archivio generale.
Il sistema di scambio dati tra centrale locale e posto centrale previsto, è tale da ottimizzare lo sfruttamento del canale di trasmissione a disposizione mediante compressione della sorgente video con tecniche standard (Mpeg).
Nelle fermate sarà installata una telecamera per ciascuna banchina, in grado di tenere sotto controllo visivo tutta l'area della fermata medesima.
Il sistema TVCC è basato sulla codifica ed il trasporto del video tramite protocollo TCP/IP, il cui uso, in associazione con la rete di trasporto Gigabit Ethernet, permette di effettuare le funzioni di commutazione del flusso video senza ricorrere ad apparati dedicati come le matrici video.
Ogni fermata è dotata di opportuni codec AudioNideo per la trasmissione verso il PCC. Le telecamere, una per ogni banchina e complete di custodia da esterni, saranno collegate ai codec di fermata che saranno collegati a porte Ethernet da 100 Mb ciascuna.
Al PCC, sono previsti i codec collegati ai rispettivi monitor. I codec provvederanno alla funzione di decodificare i flussi video selezionati dall'operatore per essere visualizzati sui monitor.
I codec provvederanno inoltre a trasportare anche segnali audio che saranno utilizzati per la diffusione sonora delle fermate.
L'operatore al PCC avrà la possibilità di selezionare, tramite il sistema di gestione integralo, uno o più flussi video da mandare su uno o più monitor presenti al PCC. Tutte le selezioni awerranno tramite tecniche di multicasting IP.

Come per gli altri sottosistemi precedentemente descritti, in una workstation separata si potrà rendere disponibile un software chiamato DMT (Degrated Mode Terminal) della TVCC il quale, prowederà a fornire agli operatori del PCC, le funzionalità minimali di controllo del sottosistema, in caso di guasto o indisponibilità del sistema di controllo integrato.
Grazie ad un registratore digitale integrato sui codec, ogni operatore potrà registrare il video di ogni singolo monitor eliminando il "collo di bottiglia" dovuto all'utilizzo di un singolo registratore esterno.
Ogni operatore potrà eseguire le operazioni di archiviazioni delle immagini video su supporti DVD.
Su di un PC di management previsto al PCC, verranno installati anche tutti i software necessari alla configurazione del sottosistema TVCC.

7.6 IMPIANTI TELEFONICI

Il Sottosistema di telefonia automatica consentirà la gestione delle comunicazioni telefoniche interne delle tranvie, nonché le comunicazioni telefoniche esterne verso la rete telefonica pubblica, avvalendosi del PABX, eventualmente da espandere, previsto per le linee esistenti.
L'estensione del sistema di telefonia delle linee esistenti provvederà a fornire il servizio di comunicazione in voce nei seguenti punti:

- Fermate
- Bivi lungo linea
- SSE

Per la comunicazione tra gli operatori al PCC ed il personale di manutenzione lungo linea e nelle fermate, il servizio di comunicazione verrà gestito dai gateway telefonici che utilizzeranno la rete di trasporto Gigabit Ethernet tramite tecniche di comunicazione VolP.
I due sistemi di telefonia, PABX e VOIP, sono collegati tra loro, tramite le interfacce disposte al PCC.
Il sistema di Telefonia Automatica sarà costituito dai seguenti blocchi:

- il centralino PABX;
- i telefoni;
- il software di gestione.

Gli operatori del centro avranno disponibile una consolle digitale per ricezione/invio di chiamate appartenenti alla telefonia automatica, mentre per la telefonia selettiva VolP, sarà previsto un telefono intelligente con indicazione in chiaro della provenienza delle chiamate provenienti dalle fermate.
Il telefono intelligente, uno per operatore PCC, si collega alla rete Ethernet, e tramite questa, invia all'operatore una pagina HTML visibile tramite browser, sulla propria

postazione. Nella pagina HTML sono attivi una tastiera, alcuni pulsanti di comando e aree di visualizzazione di informazione.

7.6.1 COMUNICAZIONI DI LINEA

La Telefonia di linea sarà di asservimento al personale di servizio nei bivi, lungo la linea, nelle fermate e nelle SSE e potrà comunicare con il PCC o con altri operatori di altre fermate tramite il servizio di telefonia VolP.
In ogni fermata, il gateway telefonico sarà connesso via ethernet allo switch concentratore. Tutti i gateway VOIP saranno monitorati dal centro.
L'istradamento della chiamata telefonica e la gestione di tutto il sistema verranno realizzati tramite il software di gestione installato al PCC.

7.6.2 REGISTRAZ/ONI AUDIO

Al PCC è previsto un Digitai Audio Recorder per la registrazione di tutte le comunicazioni da e per il PCC e riguardanti il sottosistema di telefonia

7.7 SINCRONIZZAZIONE ORARIA

L'impianto Sincronizzazione Oraria, utilizzato sia ad uso pubblico che per esigenze di servizio, sarà in grado di effettuare la sincronizzazione di tutti gli elementi ad esso collegati.
Gli apparati che necessitano sincronizzazione sono:

- orologi nelle stazioni;
- calcolatori del PCC via ethernet;
- Codec Audio Video;
- eventuali altri apparati del PCC tramite via seriale.

La sincronizzazione sarà effettuata dagli apparati MTC (Master Time Center, per la distribuzione del segnale orario) e dall'apparato di ricezione del riferimento temporale GPS) sfruttando la rete trasmissione dati per la trasmissione del segnale di clock.

7.8 SISTEMA DI TARIFFAZIONE

Il Sottosistema di tariffazione è costituito dalle seguenti apparecchiature:

- Emettitrici Automatiche di titoli di viaggio (una per ciascun marciapiede di ogni fermata);
- Obliteratrici di titoli di viaggio (una per ciascun marciapiede di ogni fermata);
- Unità centrale di gestione (al PCC).

L' emettitrice automatica emette titoli di viaggio su supporto cartaceo obliterabile. Inoltre, essa consente la ricarica di smart card sia contact che contact-less.

L' obliteratrice di titoli di viaggio consente la convalida di biglietti cartacei; essa è costituita da una apparecchiatura integrata nella stessa struttura metallica dell'emettitrice in modo indipendente.
L'unità centrale del sistema di tariffazione automatica consente l'attività di monitoraggio delle suddette apparecchiature e potrà essere interfacciata con il sistema di gestione delle politiche tariffarie della Tramvia (predisposizione).

8. IL MATERIALE ROTABILE

8.1 CARATTERISTICHE GENERALI e TECNOLOGICHE

Il veicolo tramviario proposto per il trasporto passeggeri sulla tramvia di Palermo è il CITADIS X05, tram di ultima generazione di progettazione e costruzione Alstom SA.
Ultima aggiunta alla gamma Citadis vanta nuove tecnologie, quali i motori a magneti permanenti, che riducono il consumo energetico del 25 per cento. Inoltre il nuovo tram di Alstom è riciclabile al 97 per cento. Di design innovativo, i finestrini sono particolarmente ampi in modo che il passeggero sperimenti un effetto di visione ampliata.
Si tratta di un veicolo modulare a pianale integralmente ribassato con un piano di calpestio a una altezza di 326/342 mm dal piano del ferro per le porte intermedie/frontali.
Il veicolo Citadis X05 è disponibile nelle versioni 205, 305 e 405 di lunghezza crescente, da scegliere in base alle strategie di esercizio da sviluppare; in particolare il veicolo 205 è estendibile al 305 e questo al 405, mediante composizione dei moduli base, che così articolata:

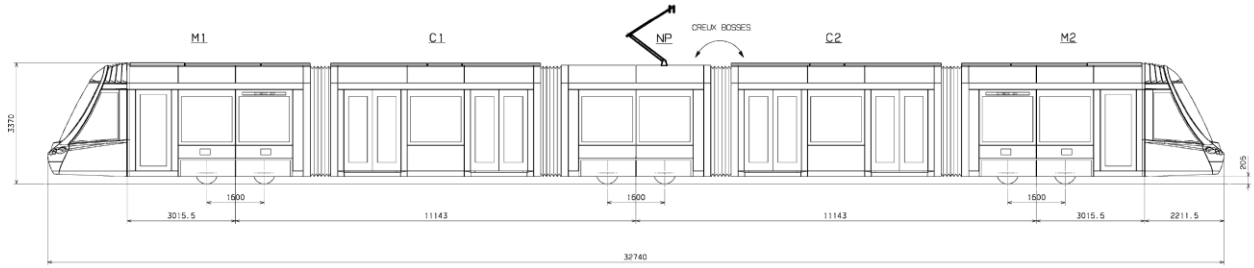
- 2 moduli di motrici con incluse le Cabine di giuda (M1 & M2), ciascuno posto su un carrello;
- 1 cassa di congiunzione intermedia (NP) posta su un carrello;
- 2 moduli sospesi, collegati alle motrici alla cassa di congiunzione a mezzo di un’articolazione.

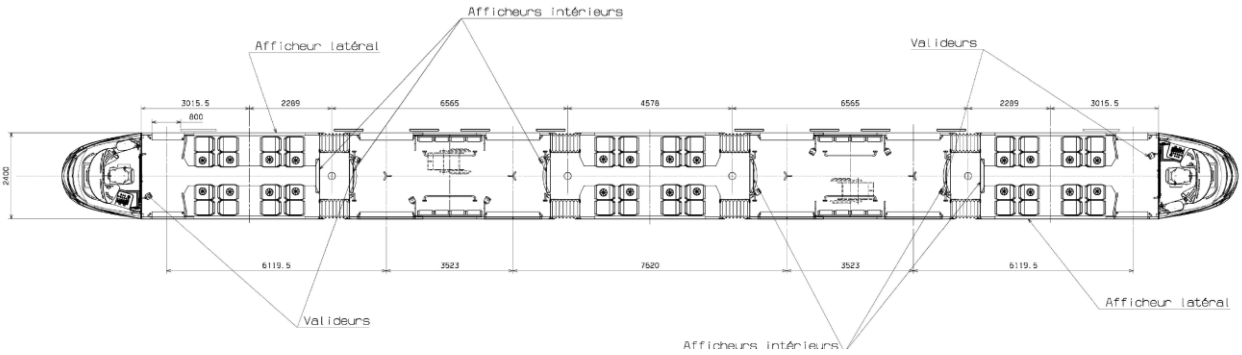
La lunghezza, la larghezza e la capacità di trasporto dei veicoli Citadis sono indicate nella seguente tabella, considerando una densità di 4 passeggeri/m^2 in piedi e 6 passeggeri/m^2 in piedi per il servizio di punta:

			Capacità	**4 p. / m^2**		**6 p. / m^2**	
CITADIS	Lunghezza	Larghezza	Sedute	In piedi	Totale	In piedi	Totale
205	32.2	2.40	41	146	200	219	273
305	32.2	2.40	54	146	200	219	273
305	32.2	2.65	54	167	221	250	304
305	33.4	2.40	54	157	211	235	289
305	33.4	2.65	54	179	233	268	322

405	43.4	2.40	73	206	279	309	382
405	43.4	2.65	82	219	301	329	411
405	44.6	2.40	73	217	290	325	398
405	44.6	2.65	82	231	313	347	429

Il veicolo può essere predisposto con 2 cabine di guida alle due estremità, separate dal vano passeggeri, per una guida bidirezionale.
Nella configurazione di fornitura il veicolo ha 6 porte per lato: 4 con apertura di 1300 mm e 2 con apertura di 800 mm (in prossimità delle cabine di guida; per maggiori dettagli v. Tav.16 - Particolari relativi al materiale rotabile).





Il veicolo è dotato di 3 carrelli con 4 ruote ciascuno, dei quali 2 motorizzati, con scartamento 1435 mm.
Il massimo carico per asse è < 10 t (@ 6 p/m^2) in conformità alla UNI 11174 Nov. 2014, senza equipaggiamento di segnalamento, sistemi di localizzazione, ecc.
Il progetto del telaio del veicolo Citadis è in carbonio e garantisce adeguata resistenza all'urto, con le seguenti caratteristiche prestazionali:

Telaio in carbonio:

- Struttura in accordo a EN 12 663 cat. IV;
- Compressione 40 t;
- Crash secondo EN 12 227.

Il sistema di trazione è caratterizzato in ciascuna cabina motorizzata dal sistema Onix 850, con una coppia di motori a magneti permanenti (PMM, Permanent Magnet Motors) chiusi, che garantiscono:

- Protezione dall' ambiente esterno e condizioni climatiche sfavorevoli;
- Sistema di raffreddamento ad auto-ventilazione, con ventilatori multi-velocità a basso rumore;
- Semplicità di manutenzione, senza unità di raffreddamento, filtri e pulizia interna;
- Potenza nominale: 150 kW;
- Alta efficienza, 97%, grazie ai semiconduttori a bassa perdita;
- Alti livelli di affidabilità, garantita dall'azione degli inverter su ciascun motore e dai microprocessori per il sistema controllo e diagnostica;
- Bassi livelli di rumore, con bassa velocità di rotazione.

La climatizzazione interna avviene con sistema HVAC con miglioramento del consumo del energia ottenuto mediante la regolazione del flusso di aria climatizzata in base al carico di passeggeri e alla gestione della stessa allo stazionamento del tram.
Di seguito le caratteristiche di potenza per i moduli passeggeri e cabina, che saranno meglio calibrate nelle successive fasi di progetto:

	HVAC Comparto Passeggeri	**HVAC Cabina**
Potenza di raffreddamento	26 kV, 35 kV o 45 kV	4 kV
Potenza di riscaldamento	24 kV	4 kV

L'affidabilità di Citadis X05 ed il comfort a prescindere dalle condizioni meteo sono testate dall'impiego del veicolo nelle linee tramviarie di Dubai e San Pietroburgo.
Nelle seguenti tabelle si riassumono le caratteristiche principali, rimandando all'Allegato D per ulteriori dettagli, immagini e peculiarità della proposta, anche in merito a configurazioni, dotazioni e allestimenti.

DIMENSIONI E CARICO ASSIALE	
Larghezza	2.40-2.65 m
Altezza	3,300 mm (eccetto pantografo)
Scartamento	1,435 mm
Altezza accesso passeggeri	Porte intermedie: 326 mm / Frontali: 342 mm
Larghezza accesso passeggeri	Doppie porte: 1.300 mm / Singole: 800 mm
Altezza interna	2,180 mm / 2,050 mm sopra carrello
Raggio di curvatura minimo LINEA	20 / 25 m
Raggio di curvatura minimo DEPOSITO	18 m

Massimo carico assiale	< 11 t (per 6 p/m2) in conformità alla UNI 11174 Nov. 2014, senza equipaggiamento di segnalamento, sistemi di localizzazione, ecc.

PRESTAZIONI		
	Alimentazione	750 V cc
	Velocità massima	Fino a 80 km/h
Trazione (750 cc)	Accelerazione massima	1.3 m/s²
	Acc. media 0 – 40 km/h	1.1 m/s²
	Acc. media 0 – 60 km/h	0.9 m/s²
	Acc. media 0 – 70 km/h	0.8 m/s²
	Acc. Residua a 70 km/h	0.25 m/s²
	Massimo gradiente di linea	8 %
	Jerk massimo	1.5 m/s³
Frenatura	Freni di servizio	1.2 m/s²
	Freni di emergenza	2.8 m/s²

IMPATTO AMBIENTALE - RUOMORE		
	Comparto passeggeri	Clim 26/35 kW
RUMORE INTERNO (misurazioni secondo ISO 3096 e ISO 3381)	0 km/h (ventilazione / raffreddamento)	60
	60 km/h	70
	Cabina	Clim 4 kW
	0 km/h (ventilazione / raffreddamento)	65
	60 km/h	70
RUMORE ESTERNO A 7,5 m di distanza e 1.2 m di altezza (misurazioni secondo ISO 3096 e ISO 3381)	0 km/h (ventilazione / raffreddamento)	55
	60 km/h	76

8.2 AFFIDABILITA' DEL MATERIALE ROTABILE E DEL SISTEMA DI ALIMENTAZIONE PROPOSTO

La soluzione tecnologica proposta, descritta nei capitoli che precedono, è caratterizzata da:

- Sistema di alimentazione continua dal suolo, con sistema APS catenary-free;
- Armamento con sistema Appitrack
- Veicolo CITADIS Alstom

Tali elementi distintivi sono gli stessi adottati nella realizzazione della linea tramviaria della città di Dubai, nel Dubai Tram Project, realizzato totalmente in APS, su 14 km con n.25 tram in esercizio da novembre 2014.

Si propone pertanto in Allegato E il documento:

- Final RAM Demonstration Report – System, del 30/04/2017

Emesso da Alstom-BESIX (Desing & Build Contractor Consortium), allo scopo di raccogliere e trarre le conclusioni delle verifiche RAM (Reliability, Availability e Maintainability) condotte secondo la documentazione di progetto, sulle quali sono basati gli sviluppi delle operazioni di affidabilità disponibilità e manutenzione del livello di tutto il sistema della tramvia di Dubai in esercizio commerciale.
In esito alle prove effettuate nell' anno 2016, si osservano:

- Indici di affidabilità su base annua superiori al 99%, relativamente a erogazione del servizio e puntualità;
- Tassi di guasto su base annua prossimi allo 0% relativamente a disfunzioni e fattori di miglioramento dell'affidabilità.

8.3 PRODUZIONE E OMOLOGAZIONE DEL MATERIALE ROTABILE

In merito alle realtà in cui il tram Citadis con larghezza pari a 2.40m e pavimento 100% basso, è stato impiegato con successo negli ultimi cinque anni, si riportano in Allegato H i rilevanti dati relativi a cinque città francesi (Bordeaux, Parigi, Tours e Aubagne) e ad una in UK (Nottingham), che forniscono le opportune garanzie di omologazione.

8.4 COMPATIBILITÀ CON LE TRAMVIE ESISTENTI

Sistema di alimentazione: il veicolo Citadis è dotato di pantografo e può essere alimentato sia dal suolo mediante terza rotaia, sia da linea di contatto aerea mediante catenaria (v. § 5.5 e 5.6) sulle linee esistenti e nei depositi.
Scartamento: così come indicato nel 4.0 e nei precedenti, lo scartamento è pari a 1435 mm, lo stesso delle linee esistenti; pertanto anche in questo caso viene garantita la totale percorribilità di tutte le linee.

9. ELENCO ALLEGATI

A. Appitrack - The fastest track-laying technology
B. HESOP - All-in-One Energy & Cost Saver
C. APS - Ground-level power supply
D. Citadis General Technical Description for Palermo-01.03.2018-V4
E. Dubai Tramway - Final RAM Demonstration Report-System
F. Dubai Tramway - Case Study – Dubai Roads and Transport Authority – Turnkey tramway system
G. Piano di Manutenzione Preliminare Citadis e APS
H. Citadis Tram References

ALLEGATO A

APPITRACK - THE FASTEST TRACK-LAYING TECHNOLOGY

TRACK SOLUTIONS

Appitrack

The fastest track-laying technology

Alstom created Appitrack, a mechanised track-laying solution which allows to install tracks faster than conventional methods, improve worksite safety and cleanliness, leading to reduction of disturbances and quicker overall project execution

Proudly reached 403m
of track slabs laid in a single day

Orléans Tramway, 2011

Over 100 km of tracks laid:

- **Jerusalem** Tramway (2010)
- **Reims** Tramway (2010)
- **Orléans** Tramway (2011)
- **Algiers** Tramway: (2012)
- **Toulouse** Tramway (2013)
- **Nottingham** Tramway (2014)
- Gisors-Serqueux Main Line (2013)

Under construction:

- **Riyadh** Metro
- **Milan** Tramway
- **Lusail** Tramway

GENERAL DESCRIPTION

Appitrack is a service-proven, innovative process developed by Alstom for urban (metro, tramway) and main-line rail projects offering fully-mechanised construction of track slabs. Appitrack consists in a convoy of machineries synchronised via a 3D guiding system, that achieves unmatched speeds of construction, limiting disturbance from infrastructure works and reducing overall project schedule and related costs.

CUSTOMER BENEFITS

High construction rate

Appitrack allows to install tracks 3 to 4 times faster than traditional methods, without additional constraints on civil works. It offers more schedule flexibility by its higher output combined with easier phasing and intervention along the worksite. Appitrack offers the capacity to accelerate construction with the same investment, limiting disturbance for road traffic and neighbourhood, and reducing overall construction works duration.

Optimised automatic process

Thanks to repetitive, algorhythm-borne insertion accuracy, Appitrack is a high-quality and cost-effective track slab construction method with reduced error factor. This solution is less labour intensive and improves safety and site cleanliness.

High compatibility

Appitrack covers the full range of rail transport segments (tramway, metro, main-line, high speed and very high speed). It is capable to install tracks at grade, in tunnels (even narrow) and on elevated structures. Appitrack is compatible with floating slab tracks on mat for reduction of noise and vibrations, and applicable to all types of road surfacings.

Environmentally-friendly

With Appitrack, the impact of infrastructure construction works is significantly reduced, limiting noise, dust and waste. This technology allows for reduced logistics and CO_2 emissions.

Appitrack/EN/09.2016 - Photo credits: ©ALSTOM SA
© ALSTOM SA, 2016. All rights reserved. ALSTOM, the ALSTOM logo, all alternative versions and all mentioned trademarks of Alstom's Transport Domain, are the brands and trademarks of ALSTOM SA. The other names mentioned registered or not, belong to their respective owners. Technical and other forms of data contained in the present document are given for the purposes of information only. ALSTOM reserves the right to reconsider or change this data at any time and without warning.

ALSTOM

APPITRACK TRAMWAY

TECHNICAL FEATURES

- Ergonomic and easy to use
- Real-time 2D & 3D track view
- Real-time measures view
- Free measure with the total station
- Multi-language management
- Scalable and upgradeable
- Up to 120 complete baseplates stored on board the machine

TECHNICAL PERFORMANCES

Construction rate	approx. 150 stlm per day
3D guiding	Survey total station
Minimum radius	18 m
Maximum slope	7%
Concrete slab width	2.1 to 2.8 m
Concrete sab thickness	18 to 30 cm
Longitudinal spacing	+/- 10 mm
Cant	+/- 1 mm
Level	+/- 1 mm
Gauge	+/- 1 mm

After communication with the total station, the slipform machine identifies its positioning and automatically drives to the accurate position. The slipform automatically starts slab casting while the Appitrack machine follows it and starts the insertion cycle into the fresh slab with the robot inserter and the baseplate holder.

APPITRACK METRO

TECHNICAL FEATURES

- Ergonomic and easy to use
- On-board guiding system
- Real-time insertion information
- Real-time machine information
- Multi-language
- Scalable and upgradeable
- Remote maintenance
- Baseplates conveyor: up to 800 complete baseplates storage capacity

TECHNICAL PERFORMANCES

Construction rate	approx. 350 stlm per day
3D guiding	On-board laser trackers
Minimum radius	50 m
Maximum slope	7%
Concrete slab width	2.1 to 2.8 m
Concrete sab thickness	18 to 30 cm
Longitudinal spacing	+/- 10 mm
Cant	Up to 140 mm
Level	+/- 1 mm
Gauge	+/- 1 mm

- More fluidity in the guiding process thanks to laser trackers eliminating the adjustment time of the total stations, increasing the daily output rate
- Increased insertion capacity thanks to extended baseplate convoy loading space
- Unmatched versatility, availability and accuracy due to use of robot arms, contributing to technological breakthrough

For more information
please contact Alstom:

Alstom
48, rue Albert Dhalenne
93842 Saint-Ouen, Cedex France

Phone: +33 1 57 06 90 00

Visit us online: www.alstom.com

© ALSTOM SA, 2016. All rights reserved. ALSTOM, the ALSTOM logo, all alternative versions and all mentioned trademarks of Alstom's Transport Domain, are the brands and trademarks of ALSTOM SA. The other names mentioned registered or not, belong to their respective owners. Technical and other forms of data contained in the present document are given for the purposes of information only. ALSTOM reserves the right to reconsider or change this data at any time and without warning.

Appitrack

Sistema automatico di posa delle rotaie composto da due macchine di dimensioni contenute

Utilizzato a Reims, Gerusalemme, Algeri, Orleans ecc

Riduce i tempi di realizzazione

Riduce gli impatti di cantierizzazione

ts reserved. Information contained in this document is provided without liability for information purposes
change without notice. No representation or warranty is given or to be implied as to the completeness of
ss for any particular purpose. Reproduction, use or disclosure to third parties, without express written authority,
ited.

TRANSPORT | ALSTOM

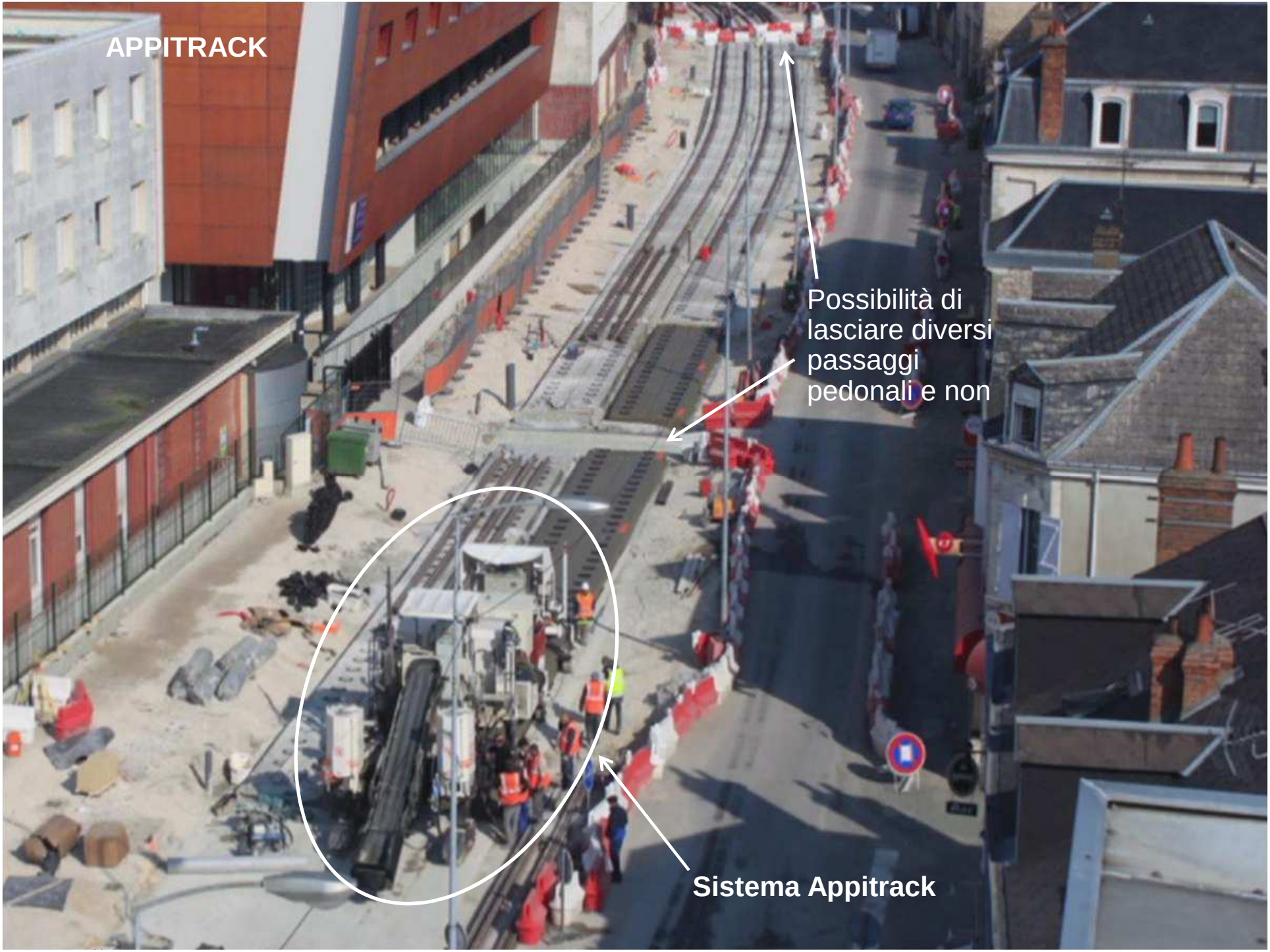
Appitrack_Fasi di esecuzione

Realizzazione solettone in cls.

Inserzione degli attacchi rotaia.

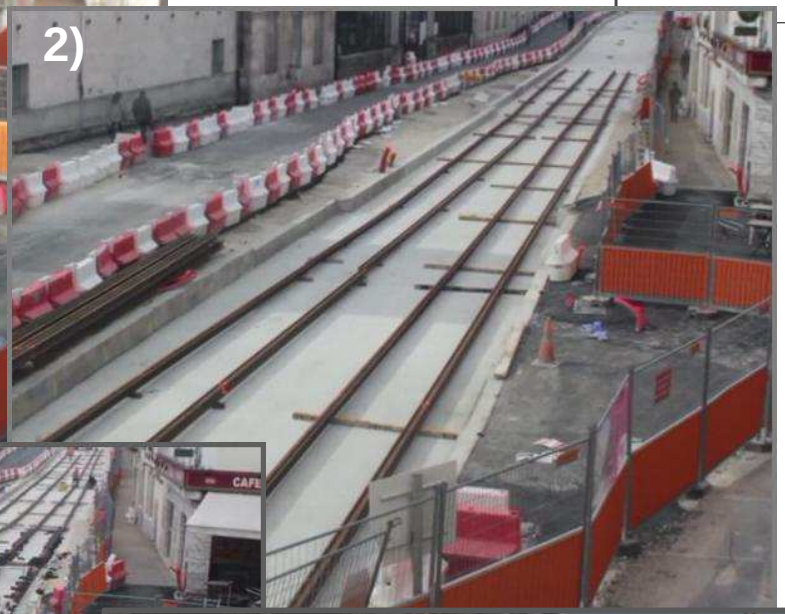
<u>Produttività media di ca. 150-200 m/giorno con forte riduzione dei tempi se comparata con sistema di posa manuale (ca. 25m/giorno)</u>

TRANSPORT | ALSTOM


APPITRACK
Possibilità di lasciare diversi passaggi pedonali e non
Sistema Appitrack

Sistema Manuale

1) Arrivo dei materiali in cantiere



2) Posizionamento rotaie sul sedime

3) Allineamento manuale delle rotaie

4) Riempimento con Cls.

TRANSPORT ALSTOM

Sistema posa automatica per rotaia centrale

TRANSPORT | ALSTOM

ALLEGATO B

HESOP - ALL-IN-ONE ENERGY & COST SAVER

POWER SUPPLY SOLUTIONS

Hesop

All-in-One Energy & Cost Saver

Alstom created Hesop, an advanced power solution, to greatly improve energy performances and optimize the power required for traction - resulting in energy savings and infrastructure cost reduction.

Capturing over 99% of recoverable energy

KEY HESOP MILESTONES:

Paris Tramway: 1 Hesop
Line 1 (2011-2014)

London Underground: 1 Hesop
Victoria Line (2015)

Milan Metro: First Hesop
1500 V 4 MW Line 3 (2016)

Milan Tramway: 16 Hesop
Desio-Seregno Line (2018)

Riyadh Metro: 70 Hesop
Lines 4, 5 & 6 (2017)

Sydney Tramway: 13 Hesop
CBD & South-East Line (2016)

Panama Metro: 8 Hesop
Line 2 (2018)

GENERAL DESCRIPTION

Hesop is a power-supply substation designed to deliver the best energy efficiency and reduced infrastructure cost. Hesop's novelty lies in its specific single converter with dynamic regulation which optimizes the power required for traction and captures more than 99% of recoverable energy during braking mode.

Hesop converter is the only "all-in-one" solution that offers both traction and recovery functions within the same equipment.

CUSTOMER BENEFITS

Infrastructure cost savings

Hesop enables to increase the distance between substations and thereby reduces their number: 5 to 7 classic substations can be replaced by only 4 to 6 Hesop substations, depending on the line layout and operating data. This results in less infrastructure investment, i.e. real estate and civil work.

Best energy savings

Thanks to dynamic voltage regulation, Hesop captures more than 99% of the energy usually lost during braking mode. The energy recovered can be re-injected into the electricity network or re-used through the station equipment: escalators, lighting and ventilation. This results in traction energy savings up to 40% depending on the network's operational specificities.

Optimized energy quality & operation

Hesop permits high energy quality and thereby avoids penalties or allows cheaper subscription from power supplier. The recovered energy can also be easily re-sold, if not completely used within the network.

Additionally, Hesop guarantees reliable train operation via dynamic adjustment to fluctuations and allows evolution: voltage modification, traffic increase; while preserving the same equipment.

Less tunnel & in-station ventilation

Thanks to full recovery of available braking energy which leads to high line receptivity, Hesop limits train heat dissipation. This leads to less tunnel and in-station ventilation or air-conditioning; and to the removal of on-board brake resistors. The train's weight is reduced which contributes to further traction energy savings.

Hesop/EN/09.2016 - Photo credits: ©ALSTOM SA / Pagecran
© ALSTOM SA, 2016. All rights reserved. ALSTOM, the ALSTOM logo, all alternative versions and all mentioned trademarks of Alstom's Transport Domain, are the brands and trademarks of ALSTOM SA. The other names mentioned registered or not, belong to their respective owners. Technical and other forms of data contained in the present document are given for the purposes of information only. ALSTOM reserves the right to reconsider or change this data at any time and without warning.

ALSTOM

TECHNICAL SPECIFICATIONS

Hesop solution addresses 600 V to 1500 V_{DC} metro, tramway and suburban networks, new or existing.

	HESOP-600V/1,000kW..	HESOP-750V/1,200kW	HESOP-750V/2,000kW	HESOP-1,500V/4,000kW
ELECTRICAL CHARACTERISTICS IN RECTIFIER MODE (TRACTION)				
AC CHARACTERISTICS				
Supply frequency	50 Hz (adaptable to 60 Hz)			
DC CHARACTERISTICS				
Maximum output Power	4,500 kW (15s)	5,400 kW (15s)	6,000 kW (1 min)	12,000 kW (1 min)
Rated DC power	1,000 kW (Class VII 4.5 x In)	1,200 kW (Class VII 4.5 x In)	2,000 kW (Class VI 3 x In)	4,000 kW (Class VI 3 x In)
Output DC voltage	600 V to 660 V	750 V to 825V	750 V to 825 V	1,500 - 1,650 V_{DC}
Overload capacity	150% 2 hours; 300% 1 minute; 450% 15 seconds		150% 2 hours; 300% 1 minute	
ELECTRICAL CHARACTERISTICS IN INVERTER MODE (RECOVERY)				
AC CHARACTERISTICS				
Supply frequency	50 Hz (adaptable to 60 Hz)			
DC CHARACTERISTICS				
Maximum Power	3,510 kW (15s)	4,140 kW (15s)	4,650 kW (1 min)	9,300 kW (1 min)
Rated DC power	780 kW (Class VII – 4,5 In)	920 kW (Class VII – 4,5 In)	1,500 kW (Class VI – 3 In)	3,000 kW (Class VI – 3 In)
Overload capacity	150% 2 hours; 300% 1 minute; 450% 15 seconds		150% 2 hours; 300% 1 minute	
ELECTRICAL PERFORMANCE				
TECHNOLOGY	Full IGBT			
EFFICIENCY	> 97%			
POWER FACTOR	1 (adjustable)			
THDI	< 5%			
DC VOLTAGE RIPPLE	< 4%			
COOLING	Natural Air		Forced Air	
MECHANICAL CHARACTERISTICS				
CONVERTER PHYSICAL CHARACTERISTICS Width x Height x Depth (mm)	4,600 x 2,400 x 800		5,000 x 2,400 x 800	8,800 x 2,400 x 800
AC FILTER PHYSICAL CHARACTERISTICS Width x Height x Depth (mm)	1,200 x 600 x 600		1,200 x 1,800 x 600	

Hesop is compliant with REACH standards.

Hesop 1,500 V
Available as of 2015

Jointly with ATM (Azienda Trasporti Milanesi), the operator of the Milan metro, Alstom has initiated the development of a new 1,500 V version for metro lines and suburban trains that are high energy consumers.

This project has been selected by the LIFE+ programme of the European Commission whose objective is to promote environmentally-friendly actions. Its development is 50% funded by the European Union.

For more information please contact Alstom:

Alstom
48, rue Albert Dhalenne
93842 Saint-Ouen, Cedex France

Phone: +33 1 57 06 90 00

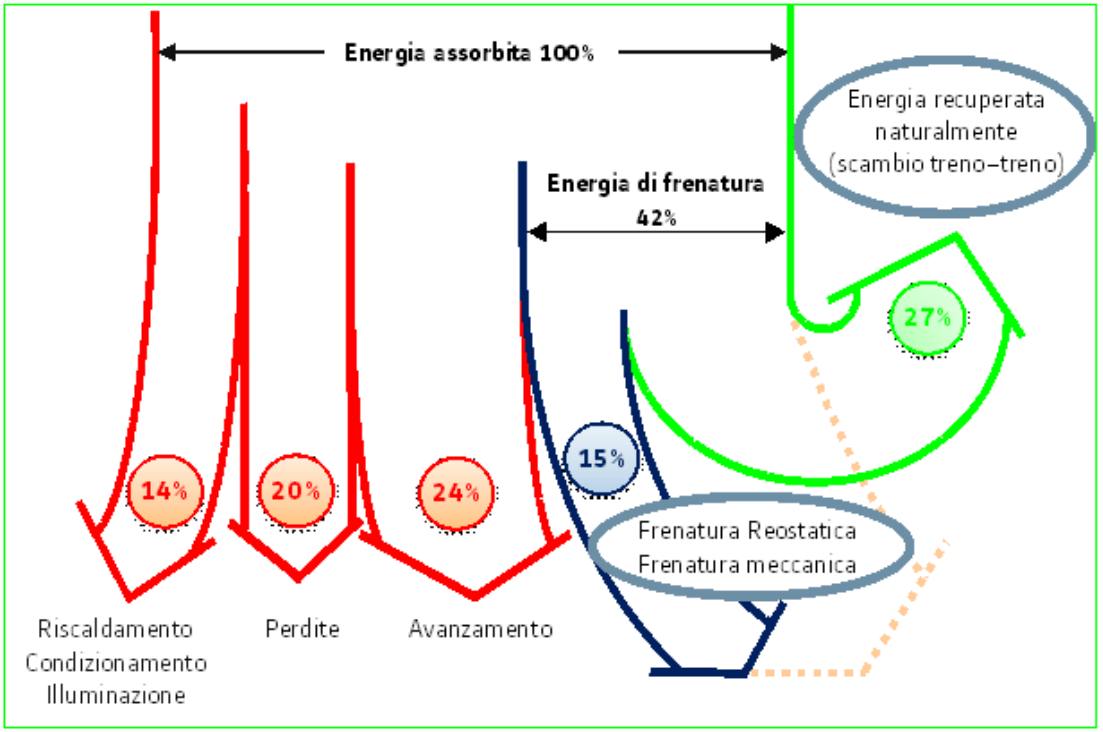
Visit us online: www.alstom.com

© ALSTOM SA, 2016. All rights reserved. ALSTOM, the ALSTOM logo, all alternative versions and all mentioned trademarks of Alstom's Transport Domain, are the brands and trademarks of ALSTOM SA. The other names mentioned registered or not, belong to their respective owners. Technical and other forms of data contained in the present document are given for the purposes of information only. ALSTOM reserves the right to reconsider or change this data at any time and without warning.

Energia Assorbita dai Veicoli

Nei sistemi di trasporto in corrente continua, il **15 %** dell'energia di frenatura è **dissipata** in sistemi meccanici o di tipo reostatico

(studio condotto dal UITP International Association of Public Transport sulla base di dati relativi a 25 reti metropolitane e 7 tramviarie)



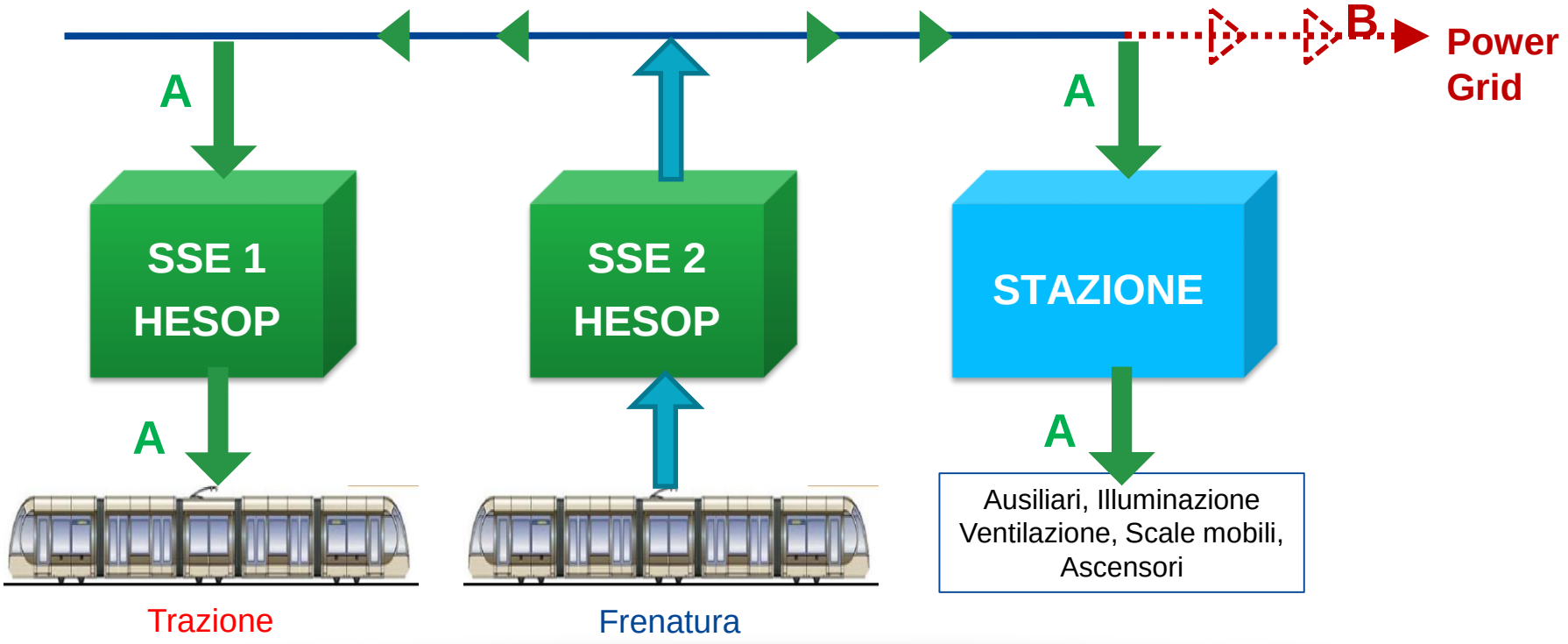
© ALSTOM SA, 2015. All rights reserved. Information contained in this document is indicative only. No representation or warranty is given or should be relied on that it is complete or correct or will apply to any particular project. This will depend on the technical and commercial circumstances. It is provided without liability and is subject to change without notice. Reproduction, use or disclosure to third parties, without express written authorisation, is strictly prohibited.

Flussi di Energia

Tramite l'uso di convertitori reversibili:

A. L'energia rigenerata viene **ri-utilizzata** dal sistema elettrico utente

B. La restante energia viene **restituita** alla rete del Distributore



© ALSTOM SA, 2015. All rights reserved. Information contained in this document is indicative only. No representation or warranty is given or should be relied on that it is complete or correct or will apply to any particular project. This will depend on the technical and commercial circumstances. It is provided without liability and is subject to change without notice. Reproduction, use or disclosure to third parties, without express written authorisation, is strictly prohibited.

Cosa è Hesop ?

- **Hesop** è un **convertitore reversibile** in grado di funzionare sia da raddrizzatore che da inverter
- Hesop è utilizzabile in reti in corrente continua da 600V a 1500V ed è disponibile per potenze da 900kW a 4MW (sistemi urbani e metropolitani)

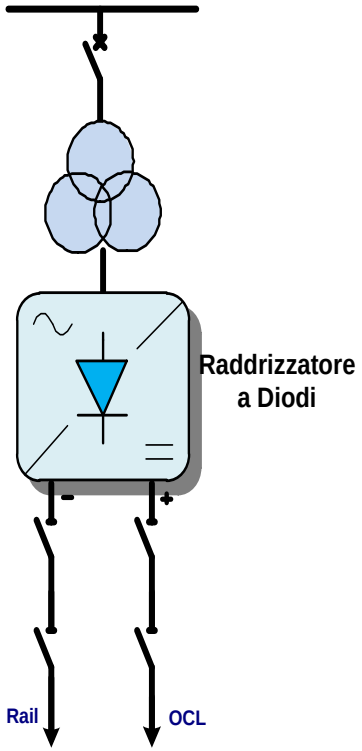
Principali vantaggi:

- Garantisce una **regolazione dinamica della tensione di alimentazione**
- **Recupera l'energia di frenatura**

© ALSTOM SA, 2015. All rights reserved. Information contained in this document is indicative only. No representation or warranty is given or should be relied on that it is complete or correct or will apply to any particular project. This will depend on the technical and commercial circumstances. It is provided without liability and is subject to change without notice. Reproduction, use or disclosure to third parties, without express written authorisation, is strictly prohibited.

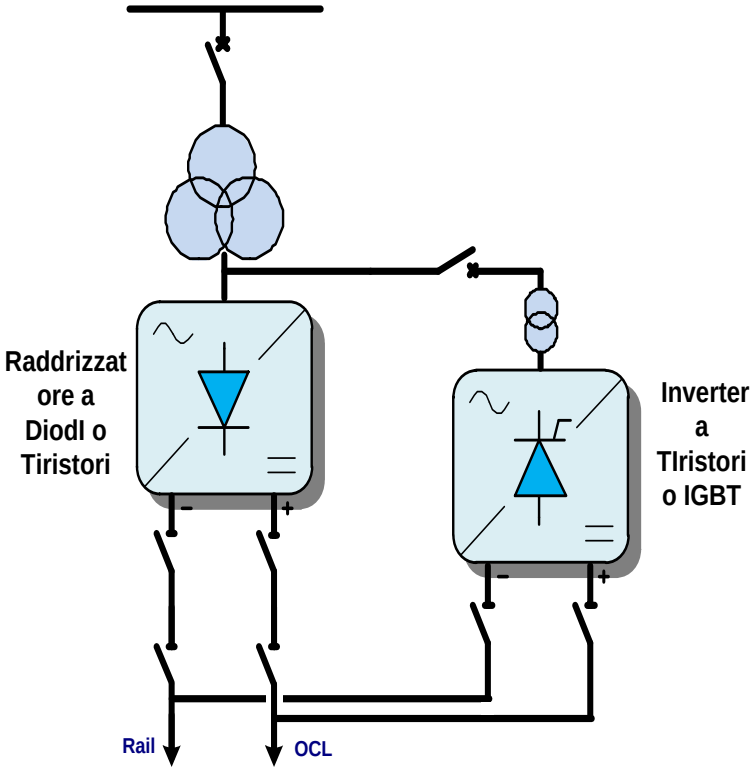
Cosa è Hesop ?
Diversa Architettura

Convertitore Classico



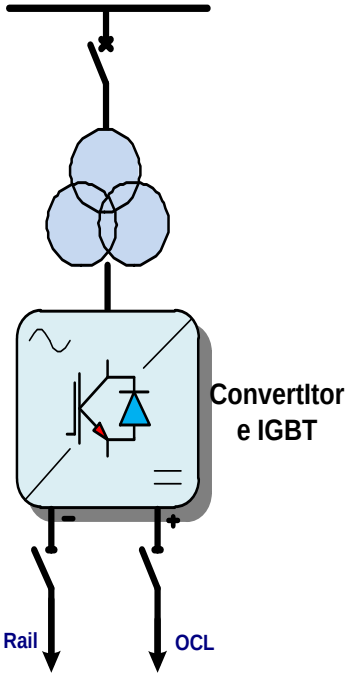
No regolazione di tensione
No recupero di energia

Altri Convertitori Reversibili



Regolazione di tensione con raddrizzatore a tiristori
Parziale recupero dell'energia di frenatura

Convertitore Hesop



Regolazione di tensione
Recupero del 99% dell'energia di frenatura
Architettura Semplificata

© ALSTOM SA, 2015. All rights reserved. Information contained in this document is indicative only. No representation or warranty is given or should be relied on that it is complete or correct or will apply to any particular project. This will depend on the technical and commercial circumstances. It is provided without liability and is subject to change without notice. Reproduction, use or disclosure to third parties, without express written authorisation, is strictly prohibited.

Vantaggi di Hesop

© ALSTOM SA, 2015. All rights reserved. Information contained in this document is indicative only. No representation or warranty is given or should be relied on that it is complete or correct or will apply to any particular project. This will depend on the technical and commercial circumstances. It is provided without liability and is subject to change without notice. Reproduction, use or disclosure to third parties, without express written authorisation, is strictly prohibited.

Vantaggi di Hesop
Infrastruttura

AUMENTO DISTANZA TRA LE SOTTOSTAZIONI (Nuove Linee)

- Fino al **20%** di sottostazioni in meno
- Minore quantità di apparecchiature e cavi
- Minori costi di manutenzione
- Meno opere civili

INCREMENTO DEL CADENZAMENTO (Upgrading Linee Esistenti)

- Fino al 35% **di incremento del traffico** con lo stesso numero di sottostazioni

Il reale livello di ottimizzazione viene valutato con una apposita simulazione elettrica

© ALSTOM SA, 2015. All rights reserved. Information contained in this document is indicative only. No representation or warranty is given or should be relied on that it is complete or correct or will apply to any particular project. This will depend on the technical and commercial circumstances. It is provided without liability and is subject to change without notice. Reproduction, use or disclosure to third parties, without express written authorisation, is strictly prohibited.

Vantaggi di Hesop
Infrastruttura

RIDUZIONE DEL CALORE IN GALLERIA

- Minore Ventilazione
- Minore Condizionamento

BASSO LIVELLO DI ARMONICHE & ELEVATO FATTORE DI POTENZA

- Non sono necessari filtri di media tensione addizionali
- Non sono necessari sistemi di compensazione del fattore di potenza

© ALSTOM SA, 2015. All rights reserved. Information contained in this document is indicative only. No representation or warranty is given or should be relied on that it is complete or correct or will apply to any particular project. This will depend on the technical and commercial circumstances. It is provided without liability and is subject to change without notice. Reproduction, use or disclosure to third parties, without express written authorisation, is strictly prohibited.

Vantaggi di Hesop
Costo dell'Energia

HESOP RIGENERA OLTRE IL 99% DELL'ENERGIA DI FRENATURA

- **Minore energia consumata** — Riutilizzata dagli impianti ausiliari e di stazione
  restituita alla rete del distributore
- **Rimozione resistenze per frenatura** Riduzione del peso del veicolo & ventilazione
- **Riduzione potenza contrattuale** Minori costi fissi di fornitura

© ALSTOM SA, 2015. All rights reserved. Information contained in this document is indicative only. No representation or warranty is given or should be relied on that it is complete or correct or will apply to any particular project. This will depend on the technical and commercial circumstances. It is provided without liability and is subject to change without notice. Reproduction, use or disclosure to third parties, without express written authorisation, is strictly prohibited.

Vantaggi di Hesop
Esercizio della Linea

OTTIMIZZAZIONE DELL'ESERCIZIO

- **Stabilizzazione della tensione di alimentazione** sia al variare del traffico che a seguito di fluttuazioni lato rete del distributore
- **Possibili evoluzioni del sistema di trasporto:** modifica della tensione di alimentazione, aumento del cadenzamento
- **Minore usura dell'impianto di frenatura meccanica**

© ALSTOM SA, 2015. All rights reserved. Information contained in this document is indicative only. No representation or warranty is given or should be relied on that it is complete or correct or will apply to any particular project. This will depend on the technical and commercial circumstances. It is provided without liability and is subject to change without notice. Reproduction, use or disclosure to third parties, without express written authorisation, is strictly prohibited.

Vantaggi di Hesop
Ambiente

HESOP – AMICO DELL'AMBIENTE

- **Riduzione delle emissioni di CO_2**
- **Miglioramento della qualità dell'aria in galleria:** riduzione della polvere di frenatura

© ALSTOM SA, 2015. All rights reserved. Information contained in this document is indicative only. No representation or warranty is given or should be relied on that it is complete or correct or will apply to any particular project. This will depend on the technical and commercial circumstances. It is provided without liability and is subject to change without notice. Reproduction, use or disclosure to third parties, without express written authorisation, is strictly prohibited.

Hesop
Fattori Chiave

HESOP
E’ un convertitore in grado di:

- Ridurre il numero di sottostazioni fino al **20%** o aumentare il cadenzamento
- Recuperare il **99%** dell’energia di frenatura disponibile
- Assolvere alle funzioni di trazione e recupero in un **unico convertitore**

© ALSTOM SA, 2015. All rights reserved. Information contained in this document is indicative only. No representation or warranty is given or should be relied on that it is complete or correct or will apply to any particular project. This will depend on the technical and commercial circumstances. It is provided without liability and is subject to change without notice. Reproduction, use or disclosure to third parties, without express written authorisation, is strictly prohibited.

Referenze

	Progetto / Cliente	Quantità / Tipo	In esercizio
FRANCE	**Paris Tramway T1** RATP	1 Hesop (750 V / 900 kW)	2011 - 2014
UNITED KINGDOM	**London Metro Victoria Line** London Underground Ltd.	1 Hesop (600 V / 1 MW)	2015
ITALY	**Milan Metro Line 3** ATM	1 Hesop (1500 V / 4 MW)	2017
SAUDI ARABIA	**Riyadh Metro Lines 4, 5 & 6** ADA	70 Hesop (750 V / 1.2 MW)	2017
AUSTRALIA	**Sydney CBD & South-East Light Rail** Transport for New South Wales	9 Hesop (750 V / 1.2 MW) + 4 Hesop (750 V / 2 MW)	2017
ITALY	**Milan Desio-Seregno Tramway** CMC	16 Hesop (600 V / 1 MW)	2019
PANAMA	**Panama Metro Line 2** SMP	8 Hesop (1500 V / 4 MW)	2019

© ALSTOM SA, 2015. All rights reserved. Information contained in this document is indicative only. No representation or warranty is given or should be relied on that it is complete or correct or will apply to any particular project. This will depend on the technical and commercial circumstances. It is provided without liability and is subject to change without notice. Reproduction, use or disclosure to third parties, without express written authorisation, is strictly prohibited.

ALSTOM

ALLEGATO C

APS - GROUND-LEVEL POWER SUPPLY

URBAN TRANSIT CATENARY-FREE SOLUTIONS

APS

Ground-level power supply

Alstom developed catenary-free technologies for tram-ways which supply electricity at ground level thereby eleminating in-trusive overhead wires. APS operates in harsh climatic conditions such as extreme temperatures, humidity, heavy rain, snow and ice. APS matches catenary per-formance over unlimited distances at speeds of up to 60 km/h, regardless of slopes while maintaining full onboard utilities such as air-conditioning in extremely hot temperatures.

GENERAL DESCRIPTION

APS is a service-proven solution for catenary-free tramway operation which preserves the aesthetics of city centers, reduces LRT systems footprint by eliminating poles, and optimizes safety and operation reliability. The key advantages include no electrical power limitation, no risk of running out of power in degraded operation mode, full compatibility with all types of road and track-bed surfaces, and easy line extensions. The APS solution may be procured under various contractual schemes, from an infrastructure package with a Citadis contract to a full turnkey contract — to ensure the delivery of an integrated service proven solution.

CUSTOMER BENEFITS

The most service-proven catenary-free solution

Since the first implementation of the APS system in Bordeaux in 2003, 188 Citadis (349 ordered) tramway vehicles powered by APS have run over 18 million kilometers and 62 kilometers of single track (144 ordered) have been equipped with APS. Moreover, APS benefits from comprehensive safety certification for passengers, pedestrians and road traffic.

High infrastructure availability

The APS power-supply rail is based on the same simple and service-proven concept as the third rail for current collection in metro systems - augmented with intrinsic safety design. Thereby, APS reaches high infrastructure availability rate of 99.95% for a typical 2-km double-track application.

Total safety for all road users

The APS technology's safety principle is the following : the conductive segments are powered underneath the tram vehicle only. As a consequence, all segments not covered by a tram are at the 0 V running rail voltage, guaranteeing total safety for all road users. APS system's safety has been proven through a dedicated Safety Case which was since confirmed by 5 certifying authorities including CERTIFER, STRMTG and Lloyd's.

Preserves the beauty of city centers

APS provides the possibility to eliminate any overhead and wayside infrastructure obstacles (catenary and masts), thus providing better access to firefighters' ladders, allowing wider tram vehicles and facilitating traffic in narrow streets, as well as preserving historic sites, trees along the track and overall urban environment.

OVER 10 YEARS OF EXPERIENCE:

PROJECTS IN SERVICE

- **Bordeaux**, France
- **Reims**, France
- **Angers**, France
- **Orléans**, France
- **Tours**, France
- **Dubai**, United Arab Emirates
- **Rio Porto-Maravilha**, Brazil

UNDER CONSTRUCTION

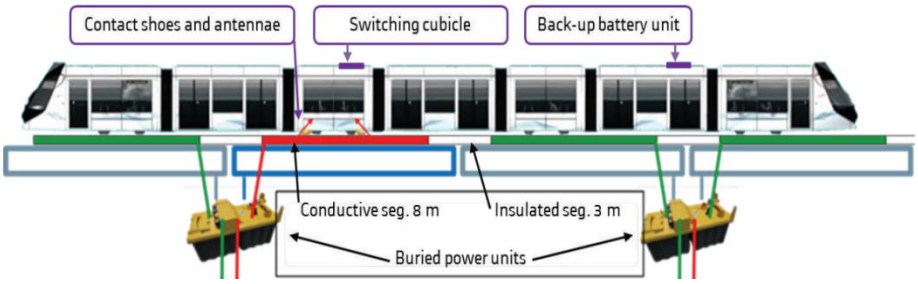
- **Cuenca**, Ecuador
- **Lusail**, Qatar
- **Sydney**, Australia

Citadis trams running on APS in Dubai (2014)

APS/EN/08.2016 - Photo credits: ©ALSTOM SA / TOMA - C. Sasso | L. Tissot
© ALSTOM SA, 2016. All rights reserved. ALSTOM, the ALSTOM logo, all alternative versions and all mentioned trademarks of Alstom's Transport Domain, are the brands and trademarks of ALSTOM SA. The other names mentioned registered or not, belong to their respective owners. Technical and other forms of data contained in the present document are given for the purposes of information only. ALSTOM reserves the right to reconsider or change this data at any time and without warning.

ALSTOM

APS MAIN COMPONENTS



- Switching cubicle: allows switching the power source between APS, catenary or back-up battery.
- Contact shoes: collect traction current from the 750 V conductor rail segment.
- Antennas: emit a coded radio signal which allows detection of the vehicle by the adjacent power unit through a detection loop embedded in the third rail.
- Back-up battery unit: enables the tram to run in the event of power cuts to secure operation performances.

Power is supplied to the tram vehicle through a segmented street-level power rail embedded between the running rails in the axis of the track. Conductive segments are switched off/on/off as the tram progresses, ensuring total safety for pedestrians. The APS third rail is made of 8 meter-long conductive segments separated by 3-meter insulating joints. Power is supplied to the conductive segments by buried power units. The electricity transmitted through the third rail is picked up by two contact shoes located on both sides of the tram central bogie

AVAILABLE PRODUCTS

- Standard APS available for temperate climate conditions
- Tropicalized APS available for extreme climate conditions

KEY TECHNICAL FEATURES

Reliability features

Availability	>99.95% for a 2-km double-track application
Life time	30 years

Configuration features

Power boxes and feeders can be either embedded between tracks or between rails, or installed under deck in case of bridge or viaduct.

Environment protection features

- Preserve urban environment and historical heritage
- Cope with any kind of road surfaces, including grass
- Respect of EMC and acoustic constraints

Environmental constraints

Outside temperature	+ 55°C max. under shelter
Max. surface temperature	+ 85°C
Max. power boxes manhole ambient temperature in operation	+ 70°C

For more information
please contact Alstom:

Alstom
48, rue Albert Dhalenne
93842 Saint-Ouen, Cedex France

Phone: +33 1 57 06 90 00

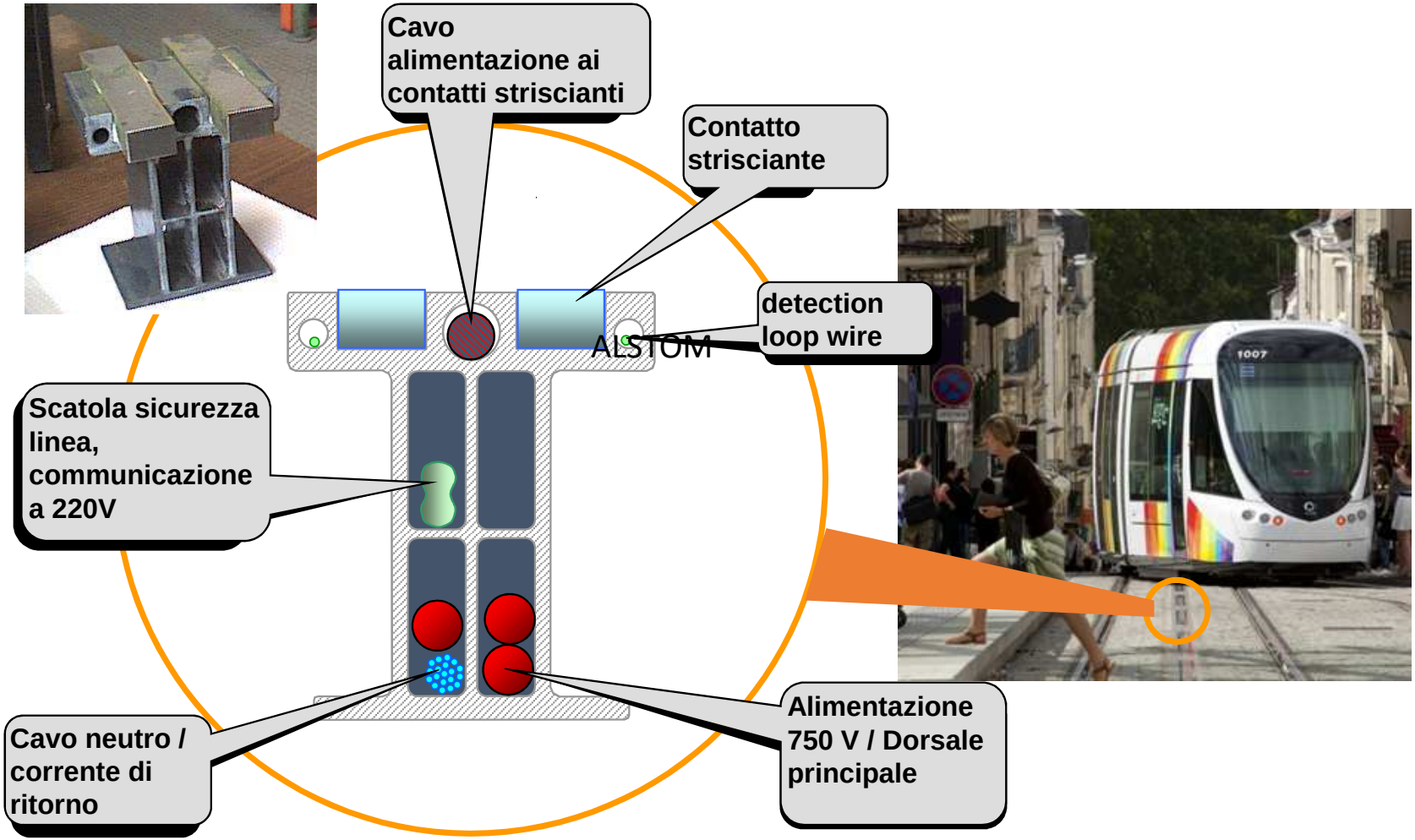
Visit us online: www.alstom.com

© ALSTOM SA, 2016. All rights reserved. ALSTOM, the ALSTOM logo, all alternative versions and all mentioned trademarks of Alstom's Transport Domain, are the brands and trademarks of ALSTOM SA. The other names mentioned registered or not, belong to their respective owners. Technical and other forms of data contained in the present document are given for the purposes of information only. ALSTOM reserves the right to reconsider or change this data at any time and without warning.

Alimentazione Continua dal Suolo - APS®
Principio di funzionamento

TRANSPORT | ALSTOM

Alimentazione dal suolo: APS_3a rotaia



ALLEGATO D

CITADIS GENERAL TECHNICAL DESCRIPTION FOR PALERMO-01.03.2018-V4

CITADIS® X05
The latest evolution of Citadis

Alstom's Citadis is the tram reference for modern urban solutions and is at the core of multiple city renewal projects. The development of Citadis X05 is based on a 15 year proven track record of over 1,800 Citadis sold worldwide. Citadis was upgraded to deliver extra dimensions, capacity, flexibility, speed and passenger experience in order to allow higher frequency throughout the day and thereby increase the number of people an operator can carry on a network per year.

General Description

Citadis X05 offers new choices on tram dimensions and configurations, performance, comfort level and special features met by a system of service-proven modules that fit together. Innovations include: integration of new technologies for lower energy consumption (Permanent Magnet Motors) ; easier sub-system integration and maintenance which reduces LCC ; higher speed of up to 80 km/h; operable on existing and new tracks; catenary-free range (besides APS) now incorporating new full on-board autonomy systems - optimized and completely integrated. All these new technological advances offer cities of all sizes the highest performance tramway solutions - in order to meet the current and future evolving mobility challenges.

CUSTOMER BENEFITS

High degree of passenger comfort and convenience

New levels of comfort include spacious design with double doors (15% passenger exchange ratio increase), 40% higher windows, new ergonomic seat design option (Cityseat), real-time information on-board, direct & indirect lighting based on LED technology - all leading up to a more pleasurable urban commute experience.

Lower OPEX

11% reduction of maintenance costs based on technical innovations including: optimized monitoring system through a Design to Serviceability process; Ethernet network for a quick download of monitoring data from a single access point for the upload of infotainment and passenger information system in manual or automatic wireless mode.

Advanced catenary-free offering

Alstom's solutions span most service-proven APS, and the new Citadis Ecopack, full on-board autonomy management system composed of latest generation super-capacitor and batteries. Key advantages of Alstom's catenary free solutions : preservation of the aesthetics of city centres; unlimited power supply; high performances (matching catenary performances), high availability (99.95% on 2-km double track applications); robustness and very limited impact on infrastructure.

- **1,800 Citadis trams ordered for 45 cities worldwide**
- **6 billion passengers; 2,7 million per day**
- **500 million km run by the Citadis tram fleet**
- **1,500 Citadis trams in service**
- **1 out of 4 low-floor trams in service worldwide was manufactured by Alstom**
- **13 million km run without catenary**
- **99% of the mileage run worldwide without catenary have been operated by Citadis**

CITADIS X05 product sheet - Photograph on front page Copyriight © ALSTOM 2014. All rights reserved. Information contained in this document is indicative only. No representation or warranty is given or should be relied on that it is complete or correct or will apply to any particular project. This will depend on the technical and commercial circumstances. It is provided without liability and is subject to change without notice. Reproduction, use or disclosure to third parties without express written authority is strictly prohibited.CITAIDIS is a TM of Alstom.
Alstom contributes to the protection of the environment. This leaflet is printed on environmentally-friendly paper.

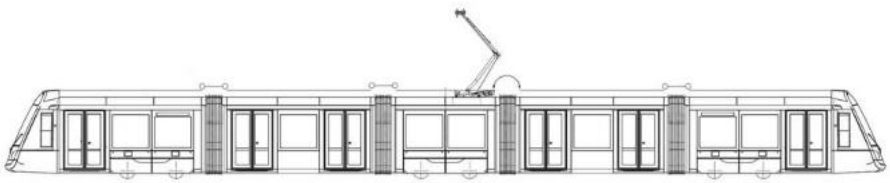
KEY TECHNICAL FEATURES

Specification criteria	Values specific to each nominal length		
	20 nominal meter versions	**30 nominal meter versions**	**40 nominal meter versions**
	CITADIS 205	**CITADIS 305**	**CITADIS 405**
Vehicle length depending on width of doors required	24 m	32 m to 37 m	43 m to 45 m
Vehicle width	2.4 m	2.4 m and 2.65 m	
Track gauge	1435 mm		
Number of bogies per tram	2	3	4
Number of car modules per tram	3	5	7
Provision for subsequent tram extension	Up to 5 modules (37 m)	up to 7 modules / 4 bogies	not extendable
Low floor percentage	100 %		
Access height (entrance)	intermediate doors:326 mm, front doors: 342 mm (above top rail)		
Central aisle width over bogies	750 mm		
Number and type of doors per side (Sliding plug doors)	4 double doors	4 to 6 double doors or 2 to 4 double doors + 2 single doors	5 to 8 double doors or 3 to 6 double doors + 2 single doors
Seating configuration	modular arrangements (see diagram)		
Passenger capacity seated	41	42 to 66	57 to 82
(@ 4 pax /m²) standing	101	152 to 184	215 to 237
TOTAL	142	202 to 238	271 to 341
comfort ratio (1)	29%	up to 28%	up to 25%
exchange ratio (2)	26%	up to 27%	up to 25%
wheelchair areas	1	1 or 2	1 or 2
Passenger information equipment	different packages available		
HVAC (Heating, Ventilation, Air Conditioning)	independent controls for passenger & driver zones / scaled to relevant climatic conditions		
Motorization ratio	100%	67% (100% is an option)	75%
Maximum speed in service	70 km/h	80 km/h	
Maximum acceleration	1.3 m/s²		
Service deceleration	1.2 m/s²		
Compression load	400 kN		
Crash absorption resistance	meets EN15227 standards		
Minimum horizontal curve radius	20 m (in depot)		
Operation	bidirectional or unidirectional operation in single or double unit		
Traction motors	2 air-cooled permanent magnet motors per motorized bogie		
Power supply voltage	750 Vdc (600 Vdc as an option)		

30 m CITADIS inside cutaway

(1) number of seats for passengers / total passenger capacity per tram

(2) sum of widths of doors / total length of passenger zone per tram



For more information
please contact Alstom Transport

Alstom Transport
48, rue Albert Dhalenne
93482 Saint-Ouen Cedex
France

Phone : +33 1 57 06 90 00

Visit us online: **www.alstom.com**

CITADIS X05 product sheet - Photograph on front page Copyright © ALSTOM 2014. All rights reserved. Information contained in this document is indicative only. No representation or warranty is given or should be relied on that it is complete or correct or will apply to any particular project. This will depend on the technical and commercial circumstances. It is provided without liability and is subject to change without notice. Reproduction, use or disclosure to third parties without express written authority is strictly prohibited. CITAIDIS is a TM of Alstom.
Alstom contributes to the protection of the environment. This leaflet is printed on environmentally-friendly paper.

Main product features for Citadis Rolling Stock for Palermo Tramway extension project

Ref. LRV.2018.FG.004

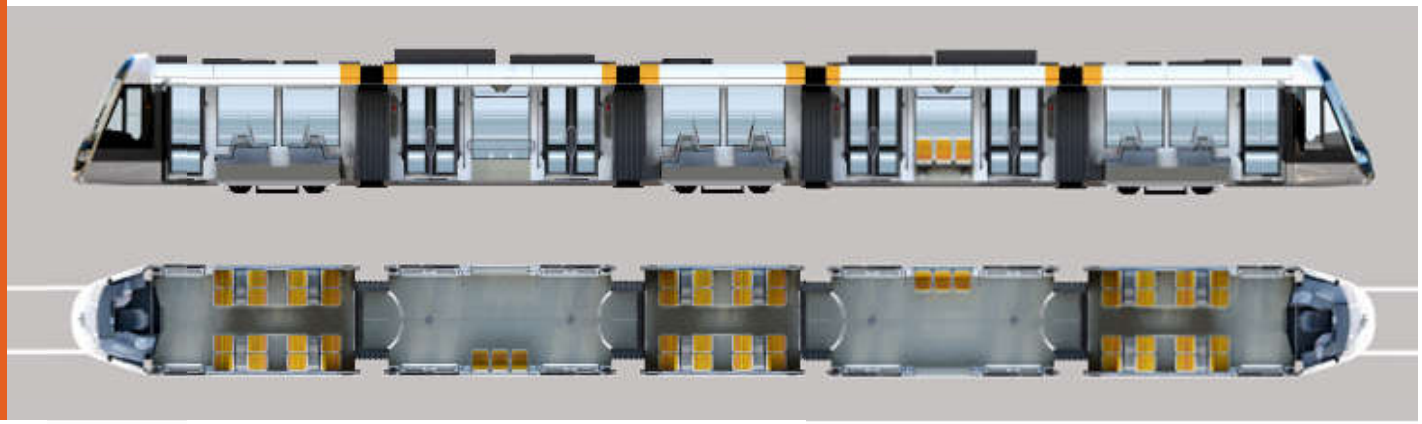
1 March 2018

ALSTOM
Designing fluidity

Preliminary document made for 2nd phase of design & engineering request for proposal

TECHNICAL FOCUS

Diagram & capacity
Citadis 305 with front single doors



Typical length : 32.2 m

	Pax capacity	4 p. / m²		6 p. / m²	
Tram width	Seats	Standing	**Total**	Standing	**Total**
2.40 m	54	146	**200**	219	**273**

- *The selected tram diagram – full low-floor for passenger access/egress (with relevant interior arrangement) - will be defined at a later stage. See also next slides (especially for possible interior arrangement inside the 2 "suspended car modules").*

© ALSTOM 2015. All rights reserved. Information contained in this document is indicative only.
No representation or warranty is given or should be relied on that it is complete or correct or will apply to any particular project.
This will depend on the technical and commercial circumstances. It is provided without liability and is subject to change without notice.
Reproduction, use or disclosure to third parties, without express written authority, is strictly prohibited.

ALSTOM

Flexibility : Car modules

MOTOR CARS

WITH FRONT SINGLE DOOR

WITH FRONT DOUBLE DOOR*

- *Possible product option (leading to + 5 % capacity & + 15 % exchange rate - depending on tramway gauge analysis as well as on weight/axle load impact in particular)*

SUSPENDED CARS

SHORT – 2 DOUBLE DOORS

TRAILER CARS

WITH PANTOGRAPH

A Citadis 305-type tram is made of the following 5 car modules :

- *2 motor cars modules including a Drivers's Cab (M1 & M2), each resting on one bogie*
- *1 trailer intermediate car modules (NP) resting on one bogie*
- *2 suspended car modules suspended to the motor car modules and trailer intermediate car module by means of an articulation*

- *For Palermo, the tram shall be bi-directional (2 driving cabins)*

© ALSTOM 2015. All rights reserved. Information contained in this document is indicative only.
No representation or warranty is given or should be relied on that it is complete or correct or will apply to any particular project.
This will depend on the technical and commercial circumstances. It is provided without liability and is subject to change without notice.
Reproduction, use or disclosure to third parties, without express written authority, is strictly prohibited.

ALSTOM

TECHNICAL FOCUS

Main product features

Tram width	2.40 m
Tram height	3,300 mm (except pantograph)
Track gauge	1,435 mm
Access height	Intermediate doors: 326 mm / Front doors: 342 mm
Passenger door width	Double doors: 1,300 mm / Single doors: 800 mm
Saloon height	2,180 mm / 2,050 mm above bogies

© ALSTOM 2015. All rights reserved. Information contained in this document is indicative only.
No representation or warranty is given or should be relied on that it is complete or correct or will apply to any particular project.
This will depend on the technical and commercial circumstances. It is provided without liability and is subject to change without notice.
Reproduction, use or disclosure to third parties, without express written authority, is strictly prohibited.

ALSTOM

TECHNICAL FOCUS

Main product features

Current collection height	Without APS : min : 3.61 m - max: 6. 44 m With APS : min: 3.80 m - max: 6.63 m
Min horizontal radius curve (line)	20 / 25 m
Min horizontal radius curve (depot)	18 m
Min vertical radius (crest - up)	350 m (700 m with APS)
Min vertical radius (sag - down)	350 m
Max axle loads	< 10 t (@ 6 p/m2). As per UNI 11174 Nov. 2014 N.B. Citadis vehicle without invited equipment (tram signalling, AVLS, etc…) and without catenary-free solution especially without on-board energy storage (Citadis Ecopack). Full weight balance/axle load analysis to be made based on further relevant inputs & product features.

© ALSTOM 2015. All rights reserved. Information contained in this document is indicative only.
No representation or warranty is given or should be relied on that it is complete or correct or will apply to any particular project.
This will depend on the technical and commercial circumstances. It is provided without liability and is subject to change without notice.
Reproduction, use or disclosure to third parties, without express written authority, is strictly prohibited.

ALSTOM

TECHNICAL FOCUS

Main performances

	Line voltage	750 Vdc
	Maximum speed	Up to 70 km/h
Traction performances (750 Vdc version)	Maximum acceleration	1.3 m/s²
	0 to 40 km/h mean acceleration	1.1 m/s²
	0 to 60 km/h mean acceleration	0.9 m/s²
	0 to 70 km/h mean acceleration	0.8 m/s²
	Residual acceleration at 70 km/h	0.25 m/s²
	Maximum line gradient	8%
	Maximum jerk	1.5 m/s3
Braking performances	Service braking	1.2 m/s²
	Emergency braking	2.8 m/s²

© ALSTOM 2015. All rights reserved. Information contained in this document is indicative only.
No representation or warranty is given or should be relied on that it is complete or correct or will apply to any particular project.
This will depend on the technical and commercial circumstances. It is provided without liability and is subject to change without notice.
Reproduction, use or disclosure to third parties, without express written authority, is strictly prohibited.

ALSTOM

Product flexibility : Tram extendability

Designed to grow with ridership

Successfully implemented in

Bordeaux, Dublin, Montpellier and Nice

Citadis 305 extendable to Citadis 405

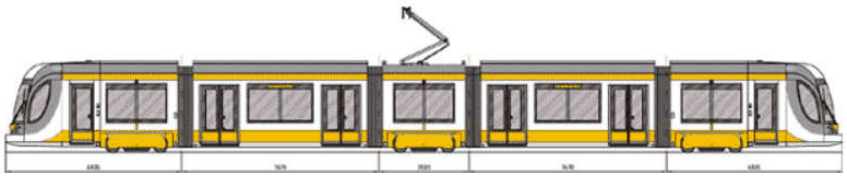
(from 5 modules to 7 modules)

© ALSTOM 2015. All rights reserved. Information contained in this document is indicative only.
No representation or warranty is given or should be relied on that it is complete or correct or will apply to any particular project.
This will depend on the technical and commercial circumstances. It is provided without liability and is subject to change without notice.
Reproduction, use or disclosure to third parties, without express written authority, is strictly prohibited.

ALSTOM

More flexibility : Configurations

- **Bi-directional** diagram (2 cabins)
- Assumption that new trams will be operated in **single unit** only
- However multiple unit of new trams (305 * 305) possible (as an option)
- Also to be defined at a later stage, about possible “rescue” (towing/pushing) without passengers (and mechanical coupling interface) vs current trams (type Flexity Outlook) for example such as Albert head or other



Flexity Outlook

CITADIS 305

Various configurations for the right capacity

© ALSTOM 2015. All rights reserved. Information contained in this document is indicative only.
No representation or warranty is given or should be relied on that it is complete or correct or will apply to any particular project.
This will depend on the technical and commercial circumstances. It is provided without liability and is subject to change without notice.
Reproduction, use or disclosure to third parties, without express written authority, is strictly prohibited.

ALSTOM

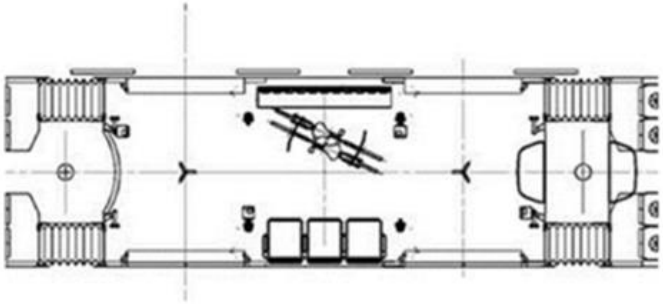
More flexibility : Suspended car modules

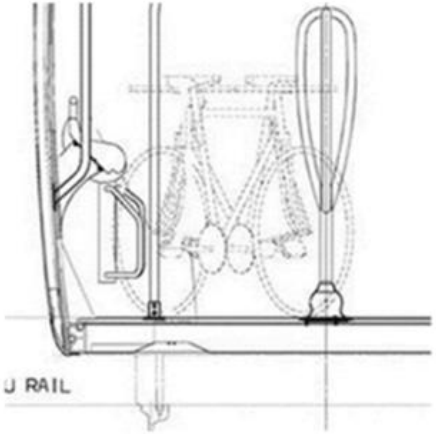
Modular design compatible with back-rest arrangement

© ALSTOM 2015. All rights reserved. Information contained in this document is indicative only.
No representation or warranty is given or should be relied on that it is complete or correct or will apply to any particular project.
This will depend on the technical and commercial circumstances. It is provided without liability and is subject to change without notice.
Reproduction, use or disclosure to third parties, without express written authority, is strictly prohibited.

ALSTOM

More flexibility : Suspended car modules





Modular design compatible with bicycle arrangement

© ALSTOM 2015. All rights reserved. Information contained in this document is indicative only.
No representation or warranty is given or should be relied on that it is complete or correct or will apply to any particular project.
This will depend on the technical and commercial circumstances. It is provided without liability and is subject to change without notice.
Reproduction, use or disclosure to third parties, without express written authority, is strictly prohibited.

ALSTOM

Improved passenger experience: Openness & Transparency

LONG & LARGE WINDOW (18% HIGHER) IN EACH SUSPENDED CAR MODULE

Panoramic windows - “Balcony effect"

© ALSTOM 2015. All rights reserved. Information contained in this document is indicative only.
No representation or warranty is given or should be relied on that it is complete or correct or will apply to any particular project.
This will depend on the technical and commercial circumstances. It is provided without liability and is subject to change without notice.
Reproduction, use or disclosure to third parties, without express written authority, is strictly prohibited.

ALSTOM

More flexibility : Large front end offering

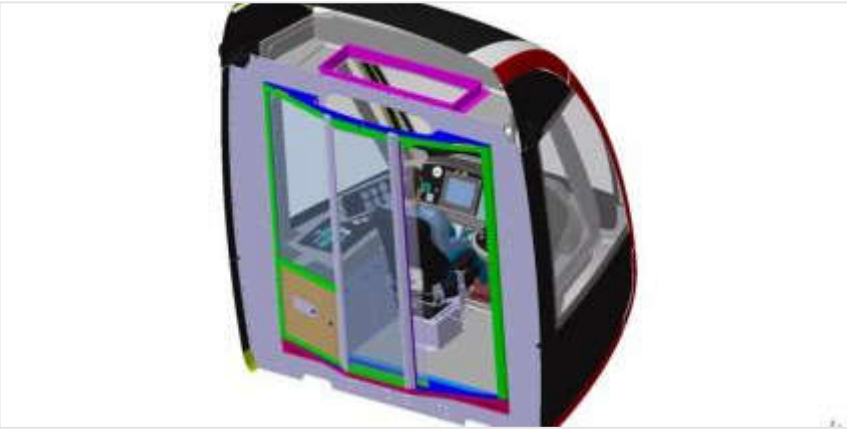
Standard front end enabling wider range of tram Design & Styling

© ALSTOM 2015. All rights reserved. Information contained in this document is indicative only.
No representation or warranty is given or should be relied on that it is complete or correct or will apply to any particular project.
This will depend on the technical and commercial circumstances. It is provided without liability and is subject to change without notice.
Reproduction, use or disclosure to third parties, without express written authority, is strictly prohibited.

ALSTOM

Improved driver experience

- Optimised driver desk **ergonomy**
- Cabin partition providing **more space** behind the driver
- Cabin with push-pull coupling bar (single unit) or coupler (double unit)



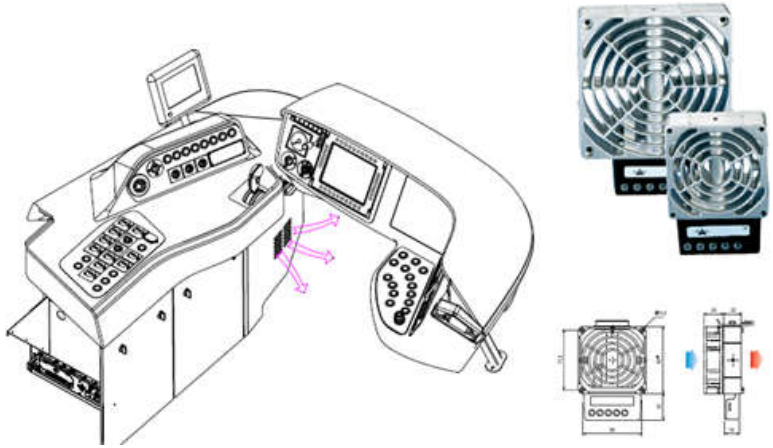
Improved visibility and comfort

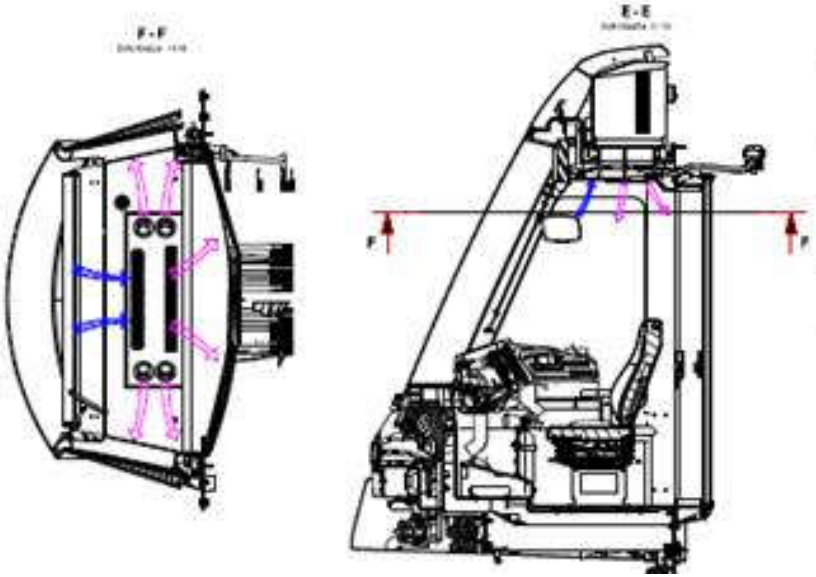
© ALSTOM 2015. All rights reserved. Information contained in this document is indicative only.
No representation or warranty is given or should be relied on that it is complete or correct or will apply to any particular project.
This will depend on the technical and commercial circumstances. It is provided without liability and is subject to change without notice.
Reproduction, use or disclosure to third parties, without express written authority, is strictly prohibited.

ALSTOM

Improved driver experience – Thermal confort

- Optimum thermal comfort





Improved thermal comfort

© ALSTOM 2015. All rights reserved. Information contained in this document is indicative only.
No representation or warranty is given or should be relied on that it is complete or correct or will apply to any particular project.
This will depend on the technical and commercial circumstances. It is provided without liability and is subject to change without notice.
Reproduction, use or disclosure to third parties, without express written authority, is strictly prohibited.

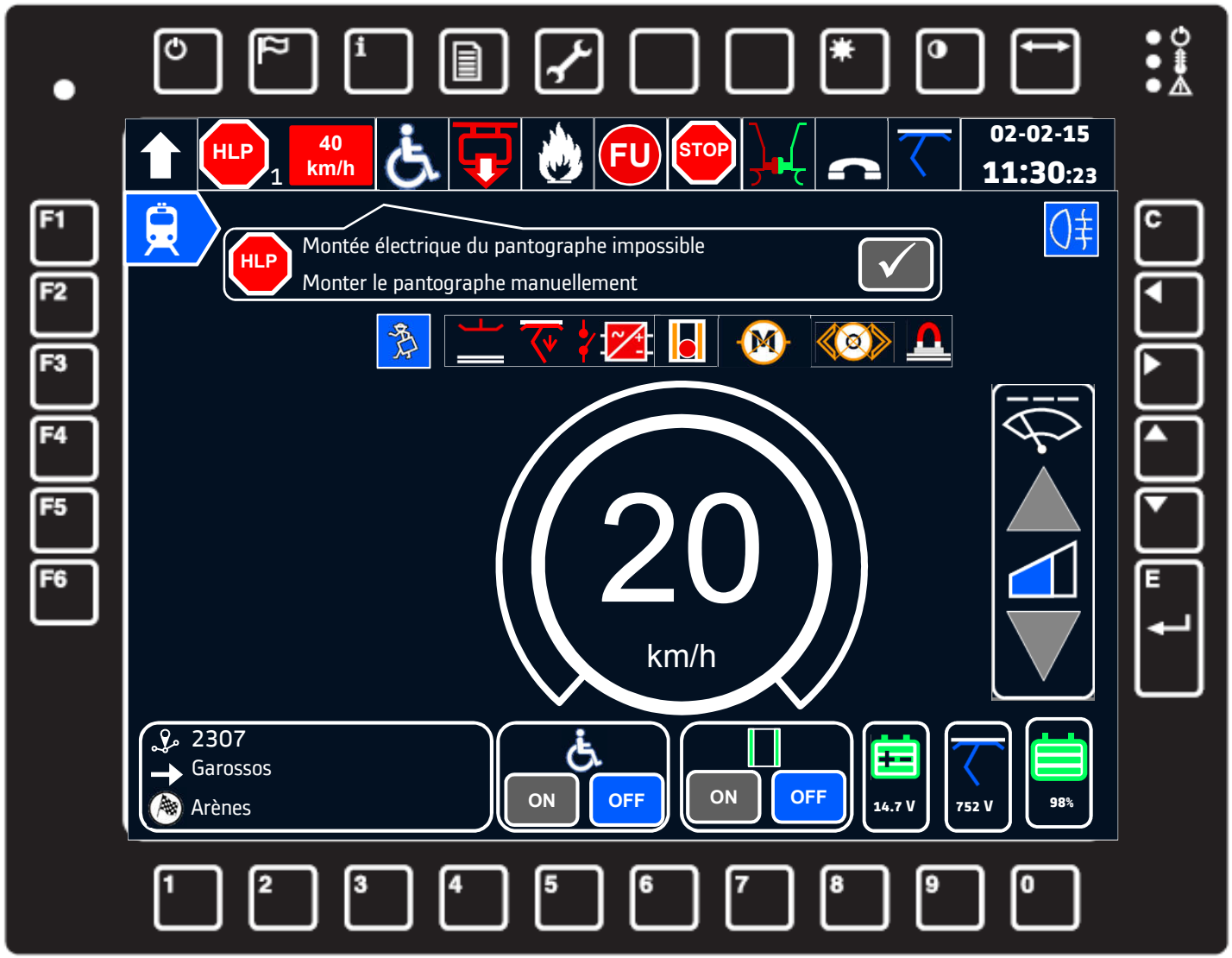
ALSTOM

Improved driver experience: new MMI (display on DDU)

1. Display with only useful information (optimised for driving)
2. Uniformised principles (background)
   - Actionable touch key (grey)
   - Active touch key (blue)
3. Alarm zone
4. Synthesis zone
5. Easy navigation
6. Minimise necessary actions (to reach commands)
7. Assessed pictograms

© ALSTOM 2015. All rights reserved. Information contained in this document is indicative only. No representation or warranty is given or should be relied on that it is complete or correct or will apply to any particular project.
This will depend on the technical and commercial circumstances. It is provided without liability and is subject to change without notice. Reproduction, use or disclosure to third parties, without express written authority, is strictly prohibited.

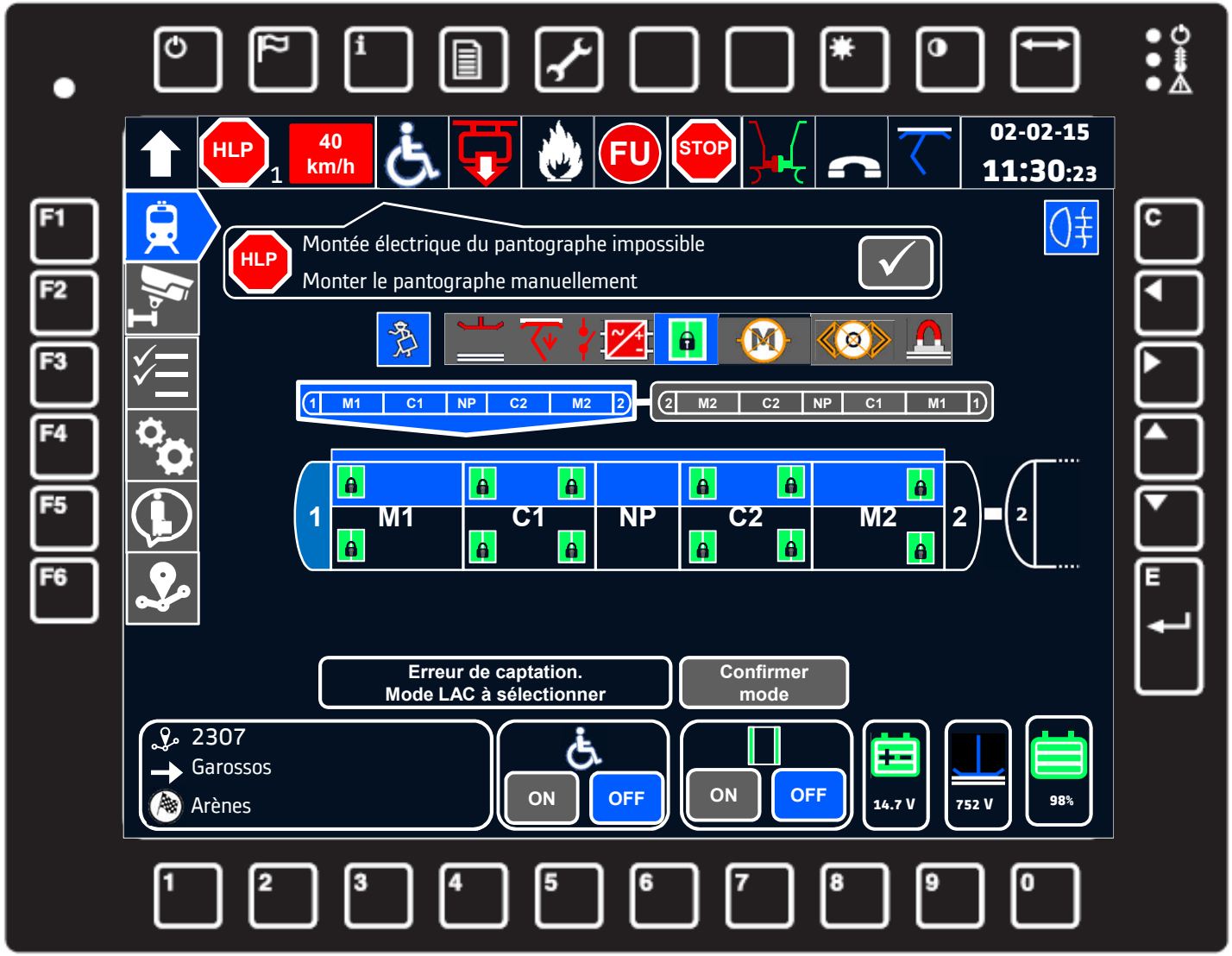
Improved driver experience: new MMI



© ALSTOM 2015. All rights reserved. Information contained in this document is indicative only.
No representation or warranty is given or should be relied on that it is complete or correct or will apply to any particular project.
This will depend on the technical and commercial circumstances. It is provided without liability and is subject to change without notice.
Reproduction, use or disclosure to third parties, without express written authority, is strictly prohibited.

ALSTOM

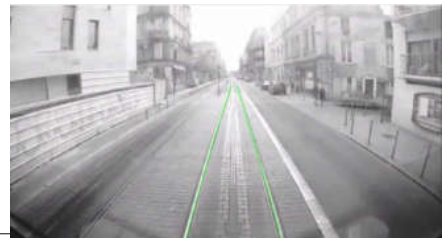
Improved driver experience: new MMI



© ALSTOM 2015. All rights reserved. Information contained in this document is indicative only.
No representation or warranty is given or should be relied on that it is complete or correct or will apply to any particular project.
This will depend on the technical and commercial circumstances. It is provided without liability and is subject to change without notice.
Reproduction, use or disclosure to third parties, without express written authority, is strictly prohibited.

ALSTOM

Advanced Driver Assistance System (ADAS as an option)

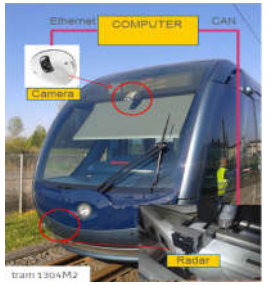


Targets

- Detect obstacles that could lead to a collision (other tram, road vehicle, pedestrian)
- Improve the vigilance and avoid late driver reaction as much as possible leading to the use of emergency braking (risk of passengers falls)

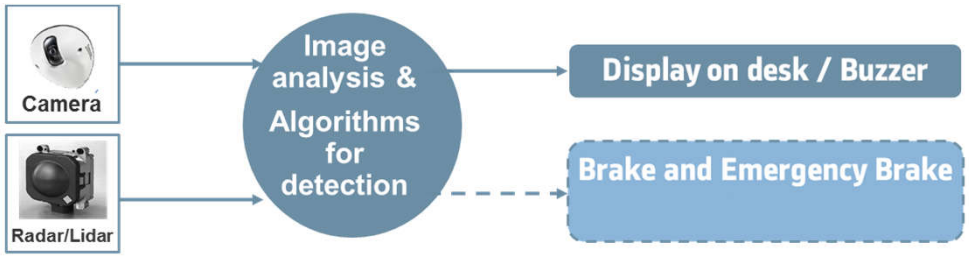
Benefits

- Alarms / Braking anticipation
  - Avoid potential collisions
  - Avoid passengers falls due to Emergency Brake use
  - Decrease impact speed when the obstacle cannot be avoided



Technical means & validation

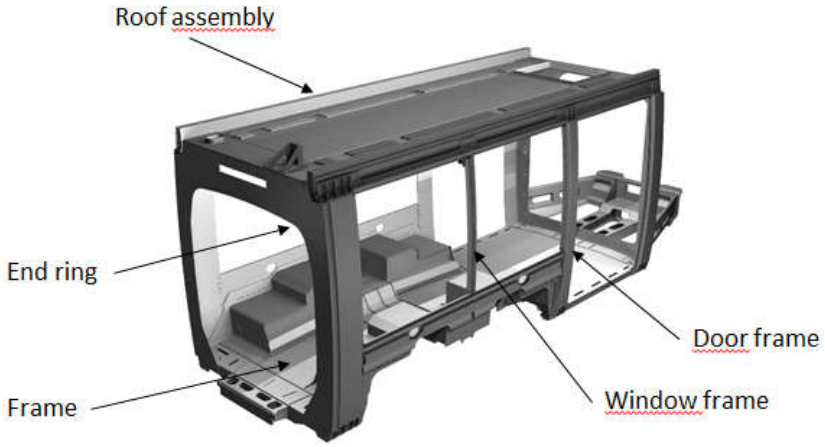
- Camera & Radar
- On-going tests on 1 tram :
  - March 2018
  - > 6 month- tests



© ALSTOM SA, 2015. All rights reserved. Information contained in this document is indicative only. No representation or warranty is given or should be relied on that it is complete or correct or will apply to any particular project. This will depend on the technical and commercial circumstances. It is provided without liability and is subject to change without notice. Reproduction, use or disclosure to third parties, without express written authorisation, is strictly prohibited

Carbody shell

FRONT MODULE WITH CAB UNDER-FRAME



Carbody shell	Structure acc. EN 12 663 cat. IV 40 ton compression Crash acc. to EN 12 227
Materials	Underframe: steel Sides (10 m radius) & roof: aluminum

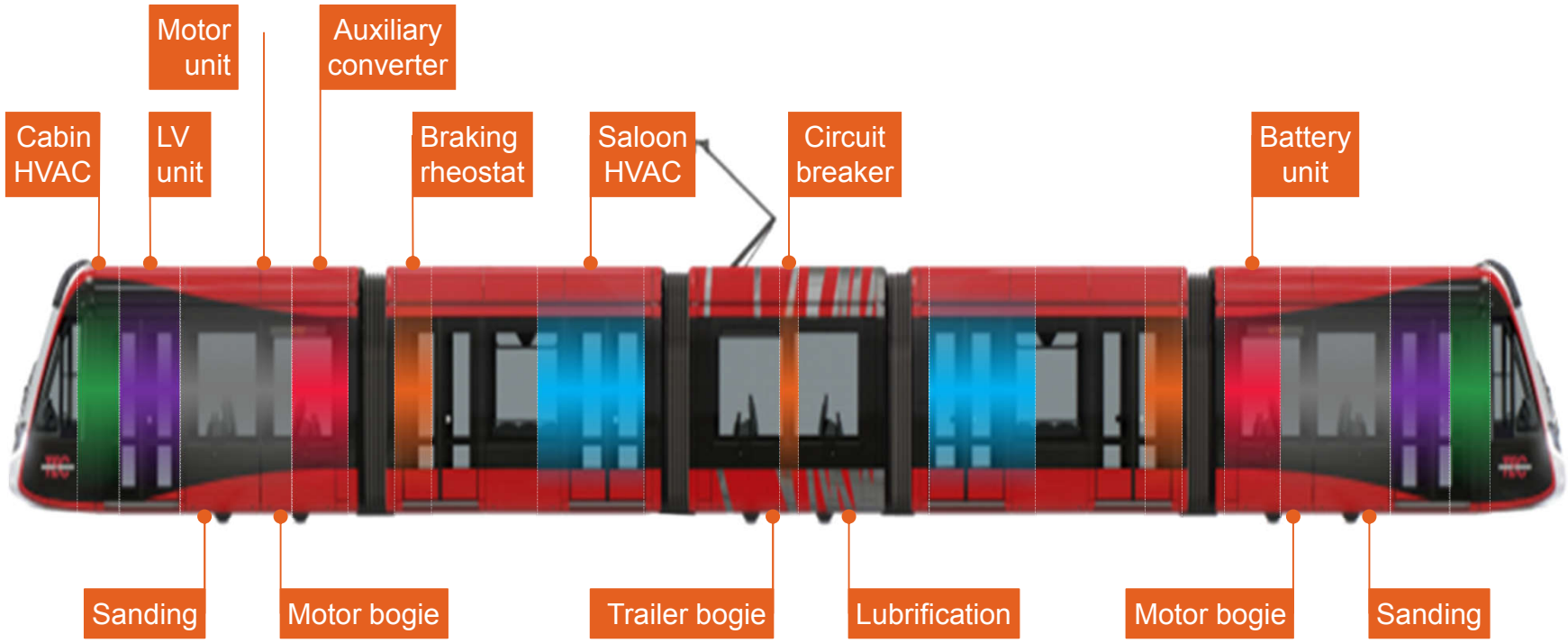
Citadis carbody-shell design fully proven for more than 15 years

© ALSTOM 2015. All rights reserved. Information contained in this document is indicative only.
No representation or warranty is given or should be relied on that it is complete or correct or will apply to any particular project.
This will depend on the technical and commercial circumstances. It is provided without liability and is subject to change without notice.
Reproduction, use or disclosure to third parties, without express written authority, is strictly prohibited.

ALSTOM

TECHNICAL FOCUS

Sub-systems

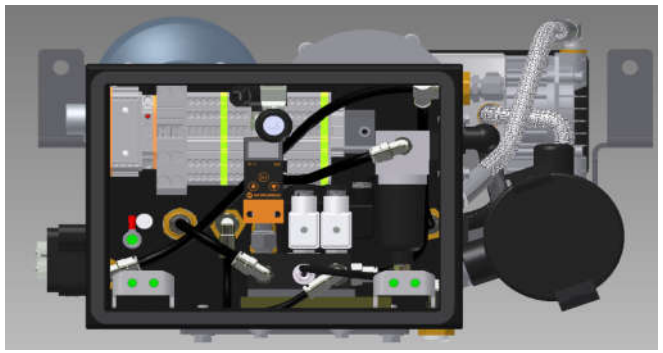


© ALSTOM 2015. All rights reserved. Information contained in this document is indicative only.
No representation or warranty is given or should be relied on that it is complete or correct or will apply to any particular project.
This will depend on the technical and commercial circumstances. It is provided without liability and is subject to change without notice.
Reproduction, use or disclosure to third parties, without express written authority, is strictly prohibited.

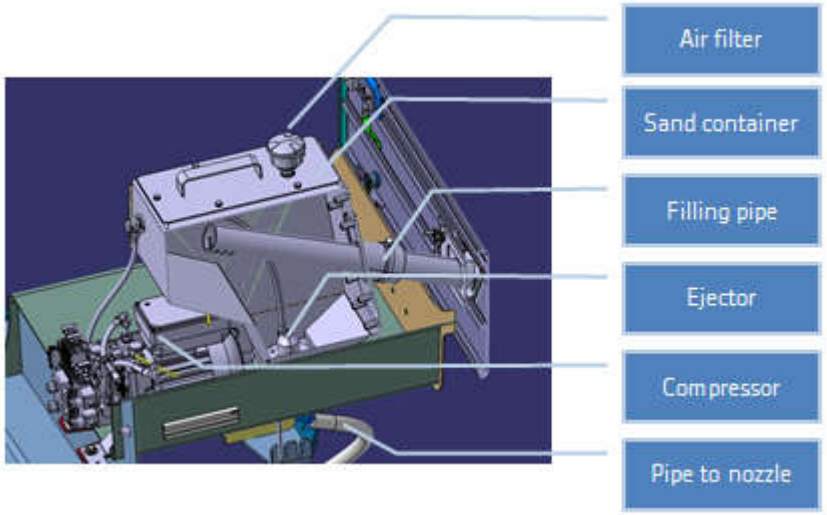
ALSTOM

Improved components

- Geasing system
  - Grease
  - 50 cycles per hour



- Sanding
  - 2 units per bogie
  - Low pressure



Improved visibility and comfort

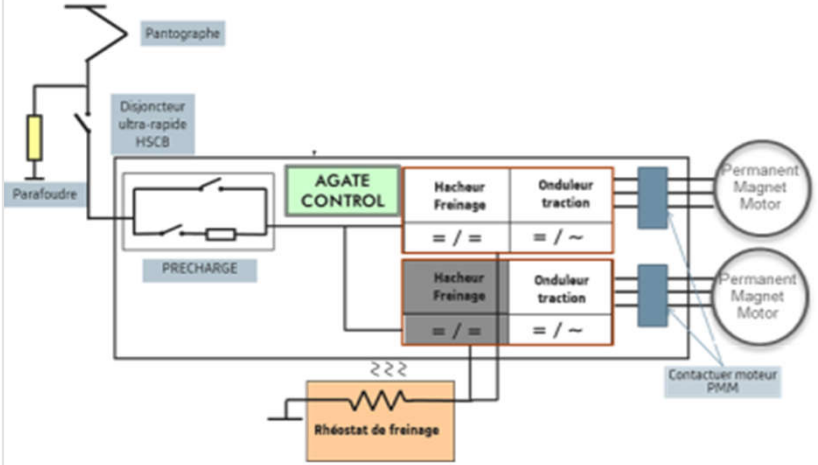
© ALSTOM 2015. All rights reserved. Information contained in this document is indicative only.
No representation or warranty is given or should be relied on that it is complete or correct or will apply to any particular project.
This will depend on the technical and commercial circumstances. It is provided without liability and is subject to change without notice.
Reproduction, use or disclosure to third parties, without express written authority, is strictly prohibited.

ALSTOM

Traction

TRACTION CONVERTER

POWER SCHEME



- **High efficiency** thanks to low loss semiconductors
- Inverter per motor providing **high level of availability**
- Air-cooled with **low noise** multi-speed fans
- State of the art high performance microprocessor (Agate) **control & diagnostics**

High reliability of the Onix 850 traction package
Self ventilated motor : no need for cooling unit

© ALSTOM 2015. All rights reserved. Information contained in this document is indicative only.
No representation or warranty is given or should be relied on that it is complete or correct or will apply to any particular project.
This will depend on the technical and commercial circumstances. It is provided without liability and is subject to change without notice.
Reproduction, use or disclosure to third parties, without express written authority, is strictly prohibited.

ALSTOM

HVAC

DUBAI

St PETERSBURG

Saloon HVAC	
Cooling power (to be defined later on)	26 kW, 35 kW or 45 kW
Heating power	24 kW

Cabin HVAC	
Cooling power	4 kW
Heating power	4 kW

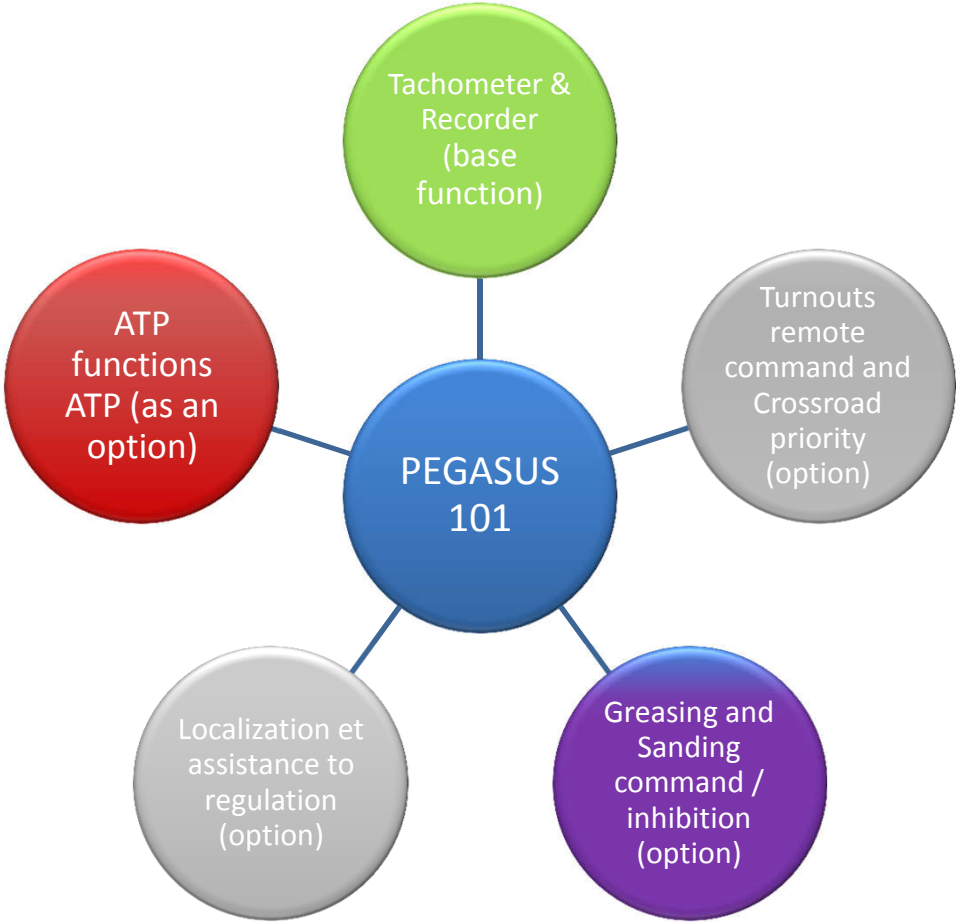
- **Improved energy consumption / HVAC & auxiliaries up to – 15 %** (thanks to air flow regulation acc. to passenger load & tram stabling mngt)

Adaptation possible to all types of climatic conditions

© ALSTOM 2015. All rights reserved. Information contained in this document is indicative only.
No representation or warranty is given or should be relied on that it is complete or correct or will apply to any particular project.
This will depend on the technical and commercial circumstances. It is provided without liability and is subject to change without notice.
Reproduction, use or disclosure to third parties, without express written authority, is strictly prohibited.

ALSTOM

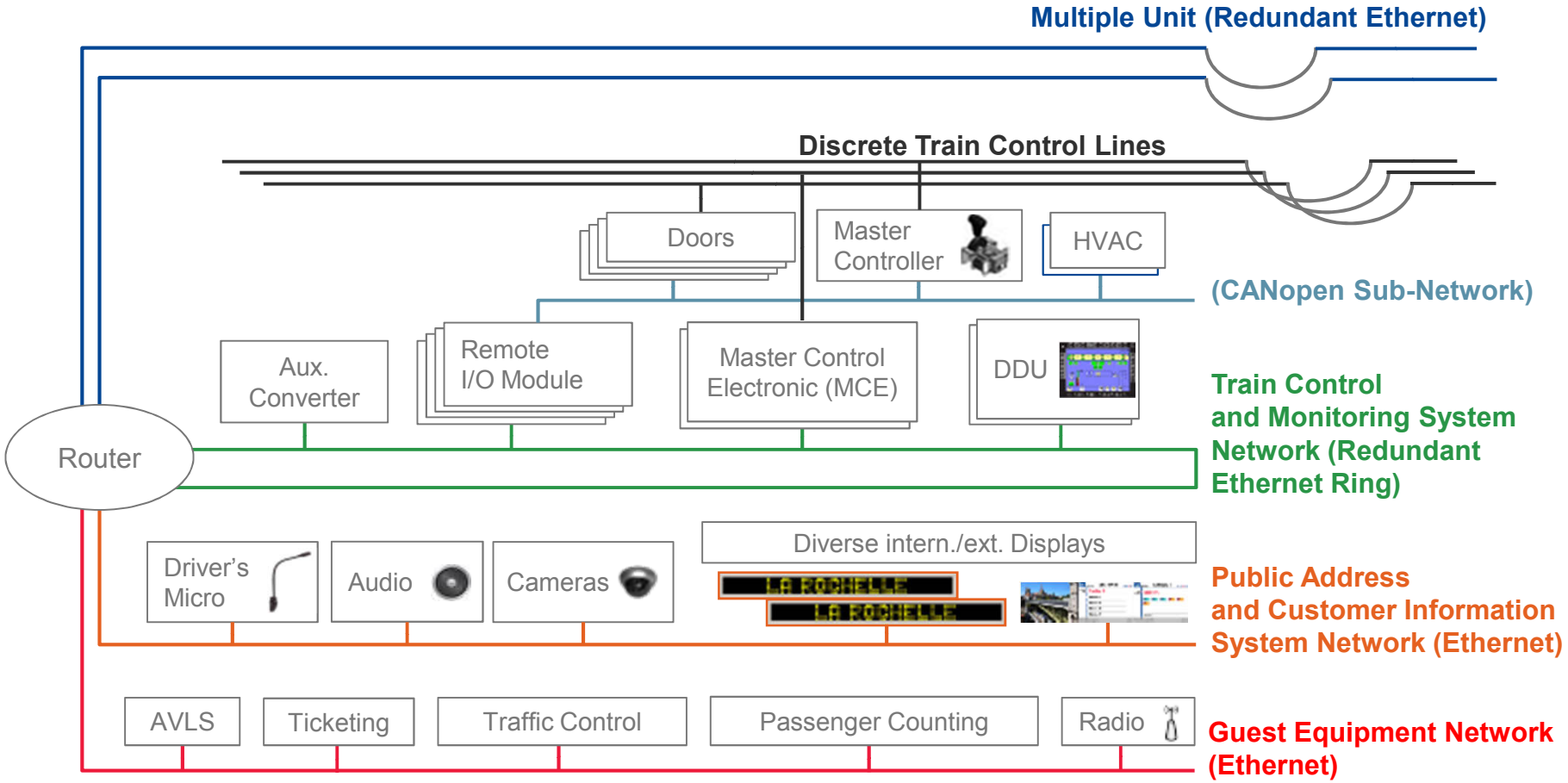
Signalling - PEGASUS™ 101 NG – Diversity of solutions



© ALSTOM 2014. All rights reserved. Information contained in this document is indicative only. No representation or warranty is given or should be relied on that it is complete or correct or will apply to any particular project. This will depend on the technical and commercial circumstances. It is provided without liability and is subject to change without notice. Reproduction, use or disclosure to third parties, without express written authority, is strictly prohibited.

TECHNICAL FOCUS

Network architecture, TCMS, PACIS



© ALSTOM 2015. All rights reserved. Information contained in this document is indicative only.
No representation or warranty is given or should be relied on that it is complete or correct or will apply to any particular project.
This will depend on the technical and commercial circumstances. It is provided without liability and is subject to change without notice.
Reproduction, use or disclosure to third parties, without express written authority, is strictly prohibited.

ALSTOM

PACIS

- General features:
  - **Full Ethernet** based solution
  - Optimized **multimodal** services with real time update
  - Wide **modularity**
- Real Time Train-to-Ground Communication System*
- **TrainTracer**: real time train's condition monitoring and preventive diagnostic

PASSENGER INFORMATION **PUBLIC ADDRESS**

MAINTENANCE **CONNECTIVITY**

SECURITY

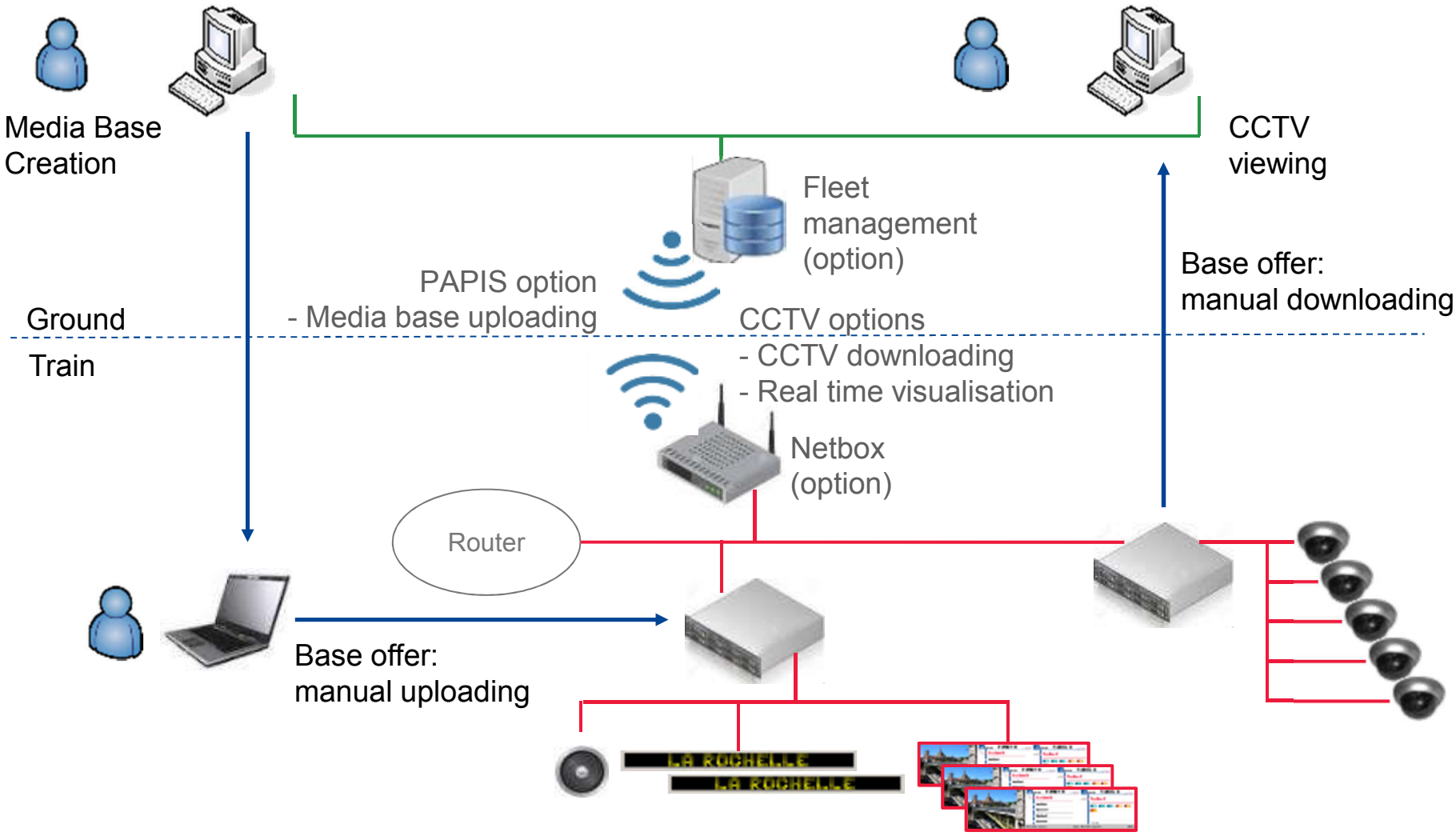
**As an option*

© ALSTOM 2015. All rights reserved. Information contained in this document is indicative only.
No representation or warranty is given or should be relied on that it is complete or correct or will apply to any particular project.
This will depend on the technical and commercial circumstances. It is provided without liability and is subject to change without notice.
Reproduction, use or disclosure to third parties, without express written authority, is strictly prohibited.

ALSTOM

TECHNICAL FOCUS

PACIS



© ALSTOM 2015. All rights reserved. Information contained in this document is indicative only.
No representation or warranty is given or should be relied on that it is complete or correct or will apply to any particular project.
This will depend on the technical and commercial circumstances. It is provided without liability and is subject to change without notice.
Reproduction, use or disclosure to third parties, without express written authority, is strictly prohibited.

ALSTOM

Solid bogies & motors

IXEGE BOGIE FAMILY

- Railway bogie
  - Primary and secondary suspensions
  - Two axles
- For high performances
  - 80 km/h option (if long inter-stations)
  - Designed for 13t/axle
  - OK with uneven track
- Lowest maintenance costs
  - Extended maintenance steps
  - **Overhaul 900,000 km or 10 years**
  - **Increased wheel life** (up to 450 000km)

Proven design, allowing 16 passenger seats above each bogie with self ventilated PMM for reduced energy consumption: -13% overall

** Depending on configurations*

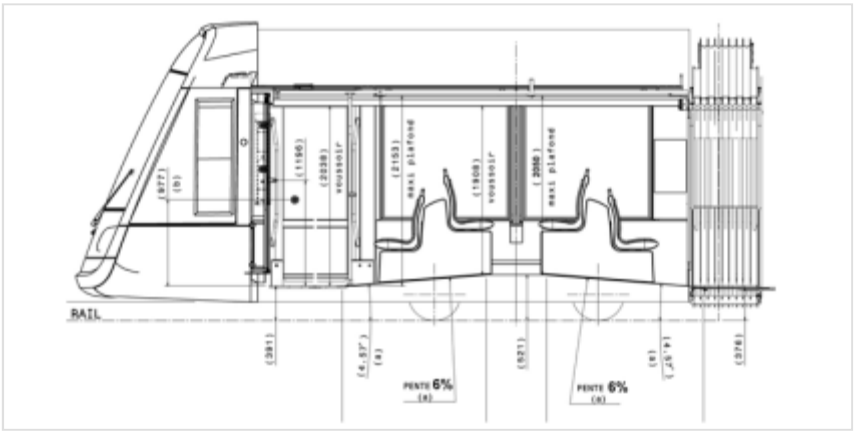
© ALSTOM 2015. All rights reserved. Information contained in this document is indicative only.
No representation or warranty is given or should be relied on that it is complete or correct or will apply to any particular project.
This will depend on the technical and commercial circumstances. It is provided without liability and is subject to change without notice.
Reproduction, use or disclosure to third parties, without express written authority, is strictly prohibited.

ALSTOM

TECHNICAL FOCUS

Ixege evo bogies

- Two-stage suspension
- Real axles (6% slope)
- 1850 mm wheel base
- EN 13749 compliant
- Wheel diameter
  - 590 mm (new) – 510 mm (worn)
  - Variant: 610 mm – 510 mm



Proven components (Citadis Istanbul, Dualis France, Aubagne)

© ALSTOM 2015. All rights reserved. Information contained in this document is indicative only.
No representation or warranty is given or should be relied on that it is complete or correct or will apply to any particular project.
This will depend on the technical and commercial circumstances. It is provided without liability and is subject to change without notice.
Reproduction, use or disclosure to third parties, without express written authority, is strictly prohibited.

ALSTOM

Ixege bogie family

Citadis Dualis (TTNG)
63 trains
Operation start: June 2011

CITADIS 301 ISTANBUL
37 trains
Operation start: Nov 2010

CITADIS COMPACT AUBAGNE
8 trains
Operation start: Sept. 2014

STANDARD COMPONENTS

442 Ixege bogies in operation – More than 20 million km cumulated

© ALSTOM 2015. All rights reserved. Information contained in this document is indicative only.
No representation or warranty is given or should be relied on that it is complete or correct or will apply to any particular project.
This will depend on the technical and commercial circumstances. It is provided without liability and is subject to change without notice.
Reproduction, use or disclosure to third parties, without express written authority, is strictly prohibited.

ALSTOM

Proven motor for Low OPEX (reduced energy consumption)

Permanent Magnet Motor

- **Closed, self-ventilated**: protected against polluted environments and extreme weather conditions
- **Simplified maintenance** tasks: no cooling unit, no filter, no internal cleaning…
- Less thermal constraints
- Rated power: 150 kW
- **Low noise** level: slower rotation speed
- No jerk at stop : smooth stop.

High motor efficiency : 97%
Energy consumption savings : 13 % on tram scope (traction and auxiliaries)

© ALSTOM 2015. All rights reserved. Information contained in this document is indicative only.
No representation or warranty is given or should be relied on that it is complete or correct or will apply to any particular project.
This will depend on the technical and commercial circumstances. It is provided without liability and is subject to change without notice.
Reproduction, use or disclosure to third parties, without express written authority, is strictly prohibited.

ALSTOM

Latest standards taken into account

- **EN 45545 – Fire Safety :**
  - France : arrêté 22/11/2005 → EN 45545 applicable once published
  - **Components** – Material qualification (fire and toxicity)
  - **System** – Running capability with on board fire (if OC2N)
    - Fire detection and automatic equipment isolation

- **EN 50128 (2011) – Software** development :
  - Increased requirements : SIL0 SW
  - Main impacted scope : **TCMS**

- **EN 50121 (2006 & 2015) EMC :**
  - More qualification at component levels
  - Rev. 2015 : Impacts under analysis about latest revision

UNI standards (for Palermo new trams) :
UNI 11174 & UNI 7156 (with gauge analysis to be checked for the project)

Standards & Revenue service authorization

© ALSTOM 2015. All rights reserved. Information contained in this document is indicative only.
No representation or warranty is given or should be relied on that it is complete or correct or will apply to any particular project.
This will depend on the technical and commercial circumstances. It is provided without liability and is subject to change without notice.
Reproduction, use or disclosure to third parties, without express written authority, is strictly prohibited.

ALSTOM

Acoustics - Interior noise

Passenger saloon	Clim 26 / 35 kW
0 km/h (ventilation / cooling)	60
60 km/h	70

Cab	4 kW
0 km/h (ventilation / cooling)	65
60 km/h	70

- Measures according ISO 3095 and ISO 3381 on ballasted track

© ALSTOM 2015. All rights reserved. Information contained in this document is indicative only.
No representation or warranty is given or should be relied on that it is complete or correct or will apply to any particular project.
This will depend on the technical and commercial circumstances. It is provided without liability and is subject to change without notice.
Reproduction, use or disclosure to third parties, without express written authority, is strictly prohibited.

ALSTOM

Acoustics - Exterior noise

at 7.5 m length & 1.2 m height	
0 km/h (ventilation / cooling)	55
60 km/h	76

- Measures according ISO 3095 and ISO 3381 on ballasted track

© ALSTOM 2015. All rights reserved. Information contained in this document is indicative only.
No representation or warranty is given or should be relied on that it is complete or correct or will apply to any particular project.
This will depend on the technical and commercial circumstances. It is provided without liability and is subject to change without notice.
Reproduction, use or disclosure to third parties, without express written authority, is strictly prohibited.

ALSTOM

Comfort

Comfort in terms of vibrations	
Driver's comfort in terms of vibrations (as per ISO 2631-1 / 2010, under ELE load, at commercial-operation speed and on representative tracks)	> 8 h
Passenger's comfort in terms of vibrations, lateral // vertical acceleration RMS (as per ISO 2631-1 / 2010, under ELE load, at commercial-operation speed and on representative tracks)	Lateral < 0.51 m/s² Vertical < 0.57 m/s²

© ALSTOM 2015. All rights reserved. Information contained in this document is indicative only.
No representation or warranty is given or should be relied on that it is complete or correct or will apply to any particular project.
This will depend on the technical and commercial circumstances. It is provided without liability and is subject to change without notice.
Reproduction, use or disclosure to third parties, without express written authority, is strictly prohibited.

ALSTOM

Lower OPEX : REX of Alstom as a maintainer

2004 - BARCELONA
41 Citadis - 25 years

2004 & 2008 - DUBLIN
40 Citadis -15 years
26 Citadis - 6 years

2007 – MADRID
27 Citadis - 8 years

2011 - NOTTINGHAM
22 Citadis - 23 years

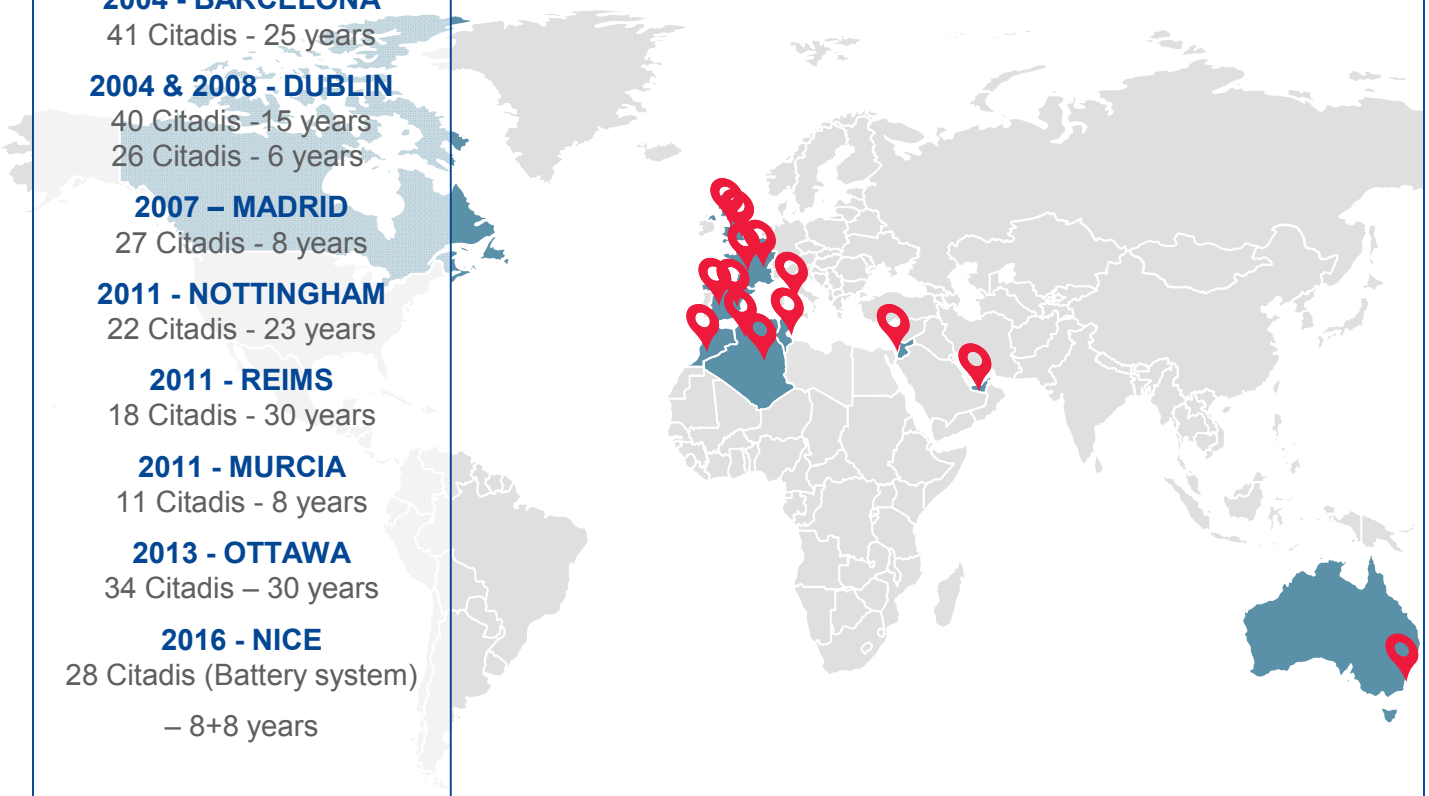
2011 - REIMS
18 Citadis - 30 years

2011 - MURCIA
11 Citadis - 8 years

2013 - OTTAWA
34 Citadis – 30 years

2016 - NICE
28 Citadis (Battery system)

– 8+8 years



2011 - ALGER
41 Citadis - 10 years

2011 - JERUSALEM
46 Citadis - 27 years

2011 - TUNIS
55 Citadis - 5 years

2012 - DUBAI
11 Citadis - 5 years

2013 - CONSTANTINE
27 Citadis - 10 years

2013 - ORAN
30 Citadis - 10 years

2014 - LUSAIL
35 Citadis – 5 years

2015 – SYDNEY
60 Citadis – 15 years

1 out of 3 Citadis trams is directly maintained by Alstom

© ALSTOM 2015. All rights reserved. Information contained in this document is indicative only.
No representation or warranty is given or should be relied on that it is complete or correct or will apply to any particular project.
This will depend on the technical and commercial circumstances. It is provided without liability and is subject to change without notice.
Reproduction, use or disclosure to third parties, without express written authority, is strictly prohibited.

ALSTOM

Lower OPEX : Reduced preventive maintenance costs

- Easy accessibility to micro-switches and relays
- Daily maintenance checks optimized (22 → 13)
- Maintenance steps occurring at a later stage (ex. body catcher)
- Ixege bogie: wheel potential increased up to 450,000 km

Previous maintenance steps	X05 maintenance steps	
	with Arpege bogie	with Ixege bogie
15,000 km	25,000 km (*)	25,000 km (*)
30,000 km		
60,000 km	75,000 km	75,000 km
300,000 km	450,000 km	450,000 km (**)
600,000 km	600,000 km	900,000 km (**)
15 years	15 years	15 years

(*) 25,000 km already validated on latest Citadis projects
(**) inc. bogies, motors & pantograph depending on yearly mileage and wheel diameter

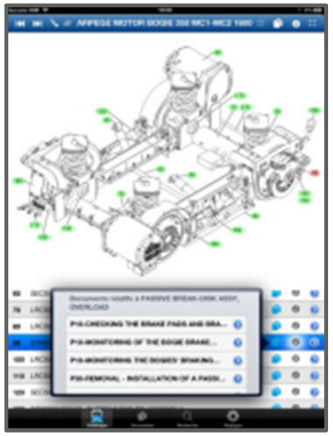
18% cost reduction in preventive maintenance

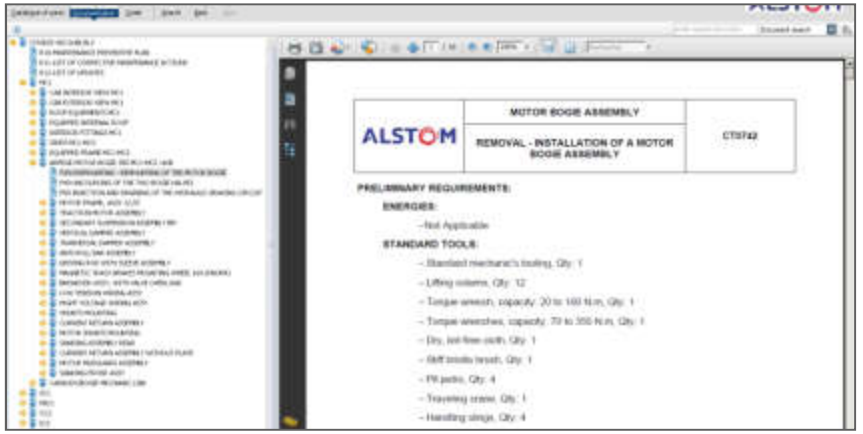
© ALSTOM 2015. All rights reserved. Information contained in this document is indicative only.
No representation or warranty is given or should be relied on that it is complete or correct or will apply to any particular project.
This will depend on the technical and commercial circumstances. It is provided without liability and is subject to change without notice.
Reproduction, use or disclosure to third parties, without express written authority, is strictly prohibited.

ALSTOM

Lower OPEX : Maintenance documentation

- Driver manual
- Documentation including preventive and corrective procedure
- Illustrated spare parts catalog
- Available on iPad





Provided with Citadis first build project

© ALSTOM 2015. All rights reserved. Information contained in this document is indicative only.
No representation or warranty is given or should be relied on that it is complete or correct or will apply to any particular project.
This will depend on the technical and commercial circumstances. It is provided without liability and is subject to change without notice.
Reproduction, use or disclosure to third parties, without express written authority, is strictly prohibited.

ALSTOM

Citadis X05: Product benefits to sum-up

BETTER PASSENGER & DRIVER EXPERIENCE

- **Large central aisle** & **wide gangways**
- **Double doors** all along the vehicle (also possible as option for front doors)
- Transparency/luminosity improved with **panoramic windows** & upgraded **LED lighting**
- New driver **cab with improved ergonomics & comfort**

MORE FLEXIBILITY TO ADAPT TO DIFFERENT CLIENT NETWORKS

- **Speed: 70 km/h** (up to 80 km/h as an option)
- **Bogie solution** adapted to network features
- **Multiple unit capability** (2 * 32 m long trams coupled)
- **Extendability** 32 m to 43 m in customer depot

LOWER OPEX

- **18% reduction of preventive maintenance** costs based on Citadis REX and technical innovation
- **Reduced energy consumption by 25 %** (PMM, HVAC & auxiliary Mngt…)
- Citadis - **proven reliability on all continents**

CATENARY-FREE OPTIONS

- **APS (ground power supply)**
- **Citadis Ecopack (On-board Energy Storage System) & SRS (ground fast charging)**

© ALSTOM 2015. All rights reserved. Information contained in this document is indicative only.
No representation or warranty is given or should be relied on that it is complete or correct or will apply to any particular project.
This will depend on the technical and commercial circumstances. It is provided without liability and is subject to change without notice.
Reproduction, use or disclosure to third parties, without express written authority, is strictly prohibited.

ALSTOM

Key take-aways: Citadis benefits for all stake-holders

1. **Passengers:** Comfort, accessibility, passenger flow
2. **Citizens:** city integration, environment care
3. **City officials:** image of the city, product maturity & reliability, sustainable development

© ALSTOM 2015. All rights reserved. Information contained in this document is indicative only.
No representation or warranty is given or should be relied on that it is complete or correct or will apply to any particular project.
This will depend on the technical and commercial circumstances. It is provided without liability and is subject to change without notice.
Reproduction, use or disclosure to third parties, without express written authority, is strictly prohibited.

ALSTOM

ALLEGATO E

DUBAI TRAMWAY - FINAL RAM DEMONSTRATION REPORT-SYSTEM

ALSTOM

ترام دبي Dubaitram نقرب المسافات

BESIX

Design & Build Contractor Consortium

Final RAM Demonstration Report - System

DUBAI TRAM
ABC certifies that this
AS BUILT
is complete and accurate
Date:- 14/09/2017 Sign:-

SYSTRA
The Engineer - Dubai Tram project
AS - BUILT DRAWING
Signature: Date: 17/09/2017

ELS10-00-D900-SYS-000-00872-B

Rev	Date	Modifications Content	Writer	Function
A	14/02/2017	First Issuance	Mahesh Bhagat	System Quality & RAM Manager
B	30/04/2017	Response to SYSTRA-DDR-017865	Mahesh Bhagat	System Quality & RAM Manager

Reviewed by	DROUET Nicolas	
Entity/Function	PSAM	
Date	30/04/2017	
Signature	p.p.	

	CONSORTIUM VALIDATION	
	Alstom validation	Besix validation
Verified by	J.J.ELISSALDE	H. SAAD
Entity/Function	Project Senior System Manager	DEPUTY PROJECT DIRECTOR
Date	30/5/17	02/05/17
Signature		

The copyright of this document belongs to ALSTOM-BESIX Consortium

Template ref: ELS10-00-M700-ABC-000-00003-B23

AMENDMENT HISTORY

Note: these amendments relate to the latest submitted revision of this document.

Sr. No.	Chapter	Amendment	Page
1	3.3	added P4	9
2	6.1	added table showing actual SD, VP and Failure ratio and reliability improvement indicators values for Year 2016	16

The copyright of this document belongs to ALSTOM-BESIX Consortium

CONTENT

AMENDMENT HISTORY 2

CONTENT 3

1 PURPOSE, SCOPE AND USAGE RESPONSIBILITY 4

1.1 PURPOSE 4
1.2 SCOPE 4
1.3 RESPONSIBILITY 4

2 DEFINITIONS, ABBREVIATIONS AND REFERENCES 5

2.1 DEFINITIONS 5
2.2 ABBREVIATIONS 6
2.3 REFERENCES 8
2.3.1 Contractual documents 8
2.3.2 Project documents applicable 8

3 RAM REQUIREMENTS 9

3.1 INTRODUCTION 9
3.2 SYSTEM LEVEL RAM DEMONSTRATION CONTRACTUAL REQUIREMENTS DEFINITIONS 9
3.3 SYSTEM LEVEL RAM TARGETS CONTRACTUAL DEFINITIONS 9

4 OBSERVATION PERIOD & INPUT DATA 11

4.1 OBSERVATION PERIOD 11
4.2 INPUT DATA REPORTED OVER THE PERIOD 11
4.2.1 Operator database collection 11

5 SYSTEM LEVEL RAM DEMONSTRATION CALCULATION 12

5.1 REGISTRATION OF FAILURES WITH IMPACTS ON OPERATION 12
5.2 SERVICE DELIVERY CALCULATION 12
5.3 VEHICLE PUNCTUALITY CALCULATION 12
5.4 FAILURE RATIO AND RELIABILITY IMPROVEMENT 13

6 CONCLUSION 14

6.1 SD, VP AND FAILURE RATIO AND RELIABILITY IMPROVEMENT INDICATORS MONTHLY SUMMARY FOLLOW UP 14

This document is the property of the Alstom-Besix Consortium (ABC) and its content is controlled by the QAQC Department. The information contained herein may not be disclosed, in whole or in part, either orally or in writing, without prior consent of Alstom-Besix Consortium in writing.

This document forms part of the generic ABC company processes to only be implemented on the Dubai Tram Project and is not intended to imply any representation or warranty.

The Alstom-Besix Consortium reserves the right to amend this report and its appendices when appropriate in order to comply with the generic implementation of its processes for the development mentioned above.

This document becomes an uncontrolled copy when printed.

The copyright of this document belongs to ALSTOM-BESIX Consortium

1 PURPOSE, SCOPE AND USAGE RESPONSIBILITY

1.1 Purpose

The purpose of this document is to summarize and conclude on the RAM demonstration which is based on the evolution of operational reliability and availability for the overall system level of Dubai Tram project in commercial service.

1.2 Scope

This document applies to the System level performance of the Dubai Tram project.

The RAM demonstration period is to be conducted for a period of twelve months.

This document satisfies the requirements of the System RAM Demonstration Test Plan [A1].

At subsystem level, RAM demonstration satisfies Subsystems RAM Demonstration Test Plans (ref. to doc ([A5] to [A11])

1.3 Responsibility

The System Quality and RAM Mangager is responsible for the writing, follow-up and updating of this document.

This document is reviewed and validated by the Consortium Project Director.

The copyright of this document belongs to ALSTOM-BESIX Consortium

2 DEFINITIONS, ABBREVIATIONS AND REFERENCES

2.1 Definitions

Availability	The ability of a product, equipment or system to be in a state to perform a required function under given conditions at a given instant of time or over a given time interval assuming that the required external resources are provided.
Chargeability	Attribution or assignment of equipment relevant failure to contractor.
Corrective maintenance	The maintenance carried out after fault recognition and intended to put a product into a state in which it can perform a required function (EN50126)
Failure rate	Number of failures per time, distance or cycle (EN50126)
Fault (or defect)	The state of an item characterized by inability to perform a required function, excluding the inability during preventive maintenance or other planned actions, or due to lack of external resources. A fault is often the result of a failure of the item itself, but may exist without prior failure
Item	Any part, component, device, functional unit, equipment or system that can be individually considered
LRU (Line-replaceable unit)	Any item which may be removed or refitted in situ, so as to minimize the impact of a failure on operations
Maintainability	The probability that a given maintenance action, for an item under given conditions of use can be carried out within a stated time interval when the maintenance is performed under stated conditions and using stated procedures and resources.
Maintainer	The contractor (or any other entity) in charge of maintaining the System after completion of the implementation, testing and commissioning
Missed trip = Lost Trip	Trip that did not start until the scheduled time of departure of the next following trip (failure to be dispatched) or a trip that is terminated before it reaches the end station of its scheduled service (removal from service).
Operator	The contractor (or any other entity) in charge of operating the System after completion of the implementation, testing and commissioning
Plan	Specifies the preconditions, documents, persons involved, equipment required, time schedule, sequence and actions required for the task to be done.
Preventive maintenance	The maintenance carried out at pre-determined intervals or according to prescribed criteria and intended to reduce the probability of failure or the degradation of the functioning of an item. (EN 50126)
Reliability	The probability that an item can perform a required function under given conditions for a given time interval.
Reliability Growth	A condition characterized by a progressive improvement of a reliability performance measure of an item with time
Relevant Failure	A failure that should be included in interpreting test or operational results or in calculating the value of a reliability performance measure
Service Delay	A trip is delayed if the actual journey time exceeds the planned journey time (which applies to normal and degraded operation) by equal or more a time to be defined at the terminal station. Only trips, which have been started, will be counted as delayed. Accidental or deliberate misuse does not constitute a service failure resulting in delay for the purpose of this definition.
Service Delivery	Actual train trips operated / Scheduled train trips
Subsystem	One of the subsystems described under 'System'
System	The System includes all E&M equipment part of the ABC scope of work :

The copyright of this document belongs to ALSTOM-BESIX Consortium Template ref: ELS10-00-M700-ABC-000-00003-B23

	• Rolling stock • Signalling • Telecoms • Platform Screen Doors • Power Supply (including OCS for depot) • Aesthetic Power Supply • Track • Automatic Fare Collection • Building services (including HVAC, Fire protection system,…) • SCADA • Access control • Depot Equipment • Road Signalling
Trip	A trip is the journey of a passenger train from its planned starting station to the planned end station of its planned service.
Validation (EN 50126)	The objective of validation is to demonstrate that the system under consideration, at any step of its development and after its installation, meets its requirement in all respects. Confirmation by examination and provision of objective evidence that the particular requirements for a specific intended use have been fulfilled.
Verification (EN 50126)	The objective of verification is to demonstrate that, for the specific inputs, the deliverables of each phase meet in all respects the requirements of that phase. Confirmation by examination and provision of objective evidence that the specified requirements have been fulfilled
Vehicle	A set of one or more Electrical Multiple Units coupled together and operated as a single unit in accordance with a time schedule. Vehicle can also be called “Train”
Vehicle Punctuality	(Actual train trips – train trips delayed by more than 5 min. at terminal) / Actual train trips

2.2 Abbreviations

ABC	Alstom Besix Consortium
AFC	Automatic Fare Collection
APS	Aesthetic Power Supply
CSAM	Consortium System Assurance Manager
FRACAS	Failure Recording and Corrective Action System
FRB	Failure Review Board
MCBF	Mean Cycles Between Failures
MEP	Mechanical Electrical and Plumbing
MTBF	Mean operating time between failures (IEC 50191): The expectation of the operating time between failures.
MTTR	Mean Time To Repair; the MTTR contains the time for failure detection, repair and checkout. Response, logistic or waiting times are not considered.

The copyright of this document belongs to ALSTOM-BESIX Consortium

NbT	Number of Trips
O&M	Operation and Maintenance
POW	Power Supply Subsystem
PSD	Platform Screen Doors
QSRW	Quality Safety Reliability Warranty
RAM	Reliability Availability Maintainability
RAMS	Reliability Availability Maintainability Safety
RST	Rolling Stock subsystem
RSG	Road Signalling Equipment
RTA	Road and Transport Authority
SA	System Assurance (= RAMS)
SAP	System Assurance Plan
SCADA	Supervision Control And Data Acquisition
SD	Service Delivery
SD(ABC)	Service Delivery (ABC)
SD(Total)	Service Delivery (Total)
SVC	Supervised Vehicle Control : Train control features including the AVP and the SVO
SVO	Supervised Vehicle Operation
T&C	Test and Commissioning
VP	Vehicle Punctuality
VP(ABC)	Vehicle Punctuality (ABC)
VP(Total)	Vehicle Punctuality (Total)

The copyright of this document belongs to ALSTOM-BESIX Consortium Template ref: ELS10-00-M700-ABC-000-00003-B23

2.3 References

2.3.1 Contractual documents

ID	Document Title	Reference
[C.01]	Dubai Tram – Preliminary Design and Tendering Process Part 2 – General Technical Documents – General Specifications Appendix D – System Assurance Requirement	
[C.02]	System Assurance Requirements (Appendix D General Specifications) Clause By Clause	ELS00-SYS-M100-0050-18
[C.03]	System Safety Assessment	ELS00-SYS-D100-0708

2.3.2 Project documents applicable

ID	Document Title	Reference
[A1]	System RAM Demonstration Test Plan	ELS10-00-D900-SYS-000-00074
[A2]	System Assurance Plan	ELS10-00-D800-ABC-000-00032
[A3]	Operations Plan	ELS10-00-0P10-ABC-000-00035
[A4]	System Availability Apportionment	ELS10-0.0-D900-SYS-000-00071
[A5]	Rolling Stock Sub System RAM Demonstration Test Plan	ELS10-10-D900-RST-000-00004
[A6]	TIS Sub System RAM Demonstration Test Plan	ELS10-20-D900-TIS-000-00028
[A7]	APS Sub System RAM Demonstration Test Plan	ELS10-5.5-D900-APS-000-00294
[A8]	Power Supply Sub System RAM Demonstration Test Plan	ELS10-3.0-D900-POW-000-00116
[A9]	PSD Sub System RAM Demonstration Test Plan	ELS10-5.1.3-D900-PSD-000-00108
[A10]	AFC Sub System RAM Demonstration Test Plan	ELS10-5.1.1-D900-AFC-000-00249
[A11]	MEP RAM Demonstration Test Plan	ELS10-80-D800-BSC-000-00009

The copyright of this document belongs to ALSTOM-BESIX Consortium

3 RAM REQUIREMENTS

3.1 Introduction

This report will monitor RAM demonstration at SYSTEM level.

For Subsystems RAM requirements please refer to Subsystems RAM demonstration Test plans ([A5] to [A11]).

3.2 SYSTEM level RAM demonstration contractual requirements definitions

The contractual RAM requirements are defined in the System RAM Demonstration Test Plan (ref. ELS10-00-D900-SYS-000-00074): Two requirements are applicable at System level:

Performance Indicators	Calculation Algorithms
1. Service Delivery (SD)	Actual tram trips completed / Scheduled tram trips
2. Vehicle Punctuality (VP)	(Actual tram trips – Tram trips delayed by more than 5 min. at terminal station) / Actual tram trips
3. Failure ratio and reliability improvement (Ri)	$Ri = \frac{\text{NbT delayed (i)}}{\text{SD} \times \text{NbT scheduled}}$ R1 =Less than 5minutes R2 =Less than 15 minutes R3 =Less than 30 minutes R4 =Above 30 minutes

3.3 SYSTEM level RAM targets contractual definitions

The following information is extracted from the Contract General Specification Appendix D System Assurance requirements [C.01].

Considering (months after start of RAM demonstration, January 1st 2016):

- P1 = from 1 to 3 months (inclusive),
- P2 = from 4 to 6 months (inclusive),
- P3 = from 7 to 9 months (inclusive),
- P4 = from 10 to 12 month (inclusive)
- P5 = after 12 months of revenue service.

The copyright of this document belongs to ALSTOM-BESIX Consortium

Item	Performance Indicators (SD & VP)	Targets
1	Vehicle Service Delivery (actual vehicle trips against planned trips). P1 P2 P3 P4 P5	 90 % 92 % 95 % 97 % 99.2 %
2	Vehicle Punctuality (% of vehicle trips on time or with delay less than 5 min). P1 P2 P3 P4 P5	 90 % 92 % 95 % 97 % 99.2 %
3	Delay Time	5 min

Performance Indicators (Ri)	Definition	From 1 to 3 months	From 4 to 6 months	From 7 to 9 months	From 10 to 12 months	After 12 months
		4 x R	3 x R	2 x R	R	Target
R1	Less than 5minutes	4,80%	3,60%	2,40%	1,20%	1,20%
R2	Less than 15 minutes	2,00%	1,50%	1,00%	0,50%	0,50%
R3	Less than 30 minutes	0,80%	0,60%	0,40%	0,20%	0,20%
R4	Above 30 minutes	0,40%	0,30%	0,20%	0,10%	0,10%

Delay time is the difference between the actual journey time and the scheduled journey time from each tram running from the starting station to the terminal station.

The copyright of this document belongs to ALSTOM-BESIX Consortium

4 OBSERVATION PERIOD & INPUT DATA

4.1 Observation period

This report provides the RAM performances of each observation period of the following table (Table 1), taking into account the failures observed between the *start date* and the *cut-off date*.

This report will be distributed every month all along the demonstration period. The demonstration period starts on January 1st, 2016 and will last 12 months.

Observation period reference	Start date (day/month/year)	Cut-off date (day/month/year)	Calendar duration since start of the demonstration period (days)
1	01/01/2016	31/01/2016	31
2	01/02/2016	29/02/2016	60
3	01/03/2016	31/03/2016	91
4	01/04/2016	30/04/2016	121
5	01/05/2016	31/05/2016	152
6	01/06/2016	30/06/2016	182
7	01/07/2016	31/07/2016	213
8	01/08/2016	31/08/2016	244
9	01/09/2016	30/09/2016	274
10	01/10/2016	31/10/2016	305
11	01/11/2016	30/11/2016	335
12	01/12/2016	31/12/2016	366

Table 1: Observation periods (start dates, cut-off dates, durations)

During the observed period, Intermediate Failure Reviews took place for each subsystem.

The Monthly Failure Review Board are organized with Employer, Engineer, Operator, Maintainer and Contractor

Conclusions of the monthly FRB are the inputs to issue the System RAM report and subsystems ones.

4.2 Input data reported over the period

4.2.1 Operator database collection

In order to analyse the system availability, following information about the operation were transmitted by the Operator on a daily basis (OCC daily operations report):

- Number of scheduled round tram trips.
- Number of scheduled round tram trips lost.
- Number of scheduled round tram trips delayed.

Daily OCC reports are joined in the Appendix # **01 of each individual System RAM reports submitted officially on ACONEX. Please see Table 2 for Monthly System RAM Report References**

The copyright of this document belongs to ALSTOM-BESIX Consortium Template ref: ELS10-00-M700-ABC-000-00003-B23

5 SYSTEM LEVEL RAM DEMONSTRATION CALCULATION

5.1 Registration of failures with impacts on operation

Each failure with impact on operation (trip delayed / trip cancelled) has been registered in a database at the OCC.

If the incident was due to an equipment failure and required a Maintenance intervention, a Service Request (SR) was raised by the Operator and send to the Maintainer.

Incidents with an associated SR are taken into account for the calculation of Service Delivery and Vehicle Punctuality.

Analysis of incidents responsibility (Incident attributable to ABC or not) has been reviewed and agreed during the Intermediate Failure Review meeting (per subsystem), and validated during the Monthly FRB meetings.

The summary of Incidents with impact on operation during the observed period, and related responsibility attribution agreed, is joined in appendix # **02 of each individual System RAM reports submitted officially on ACONEX. Please see Table 2 for Monthly System RAM Report References**

5.2 Service Delivery Calculation

Based on the conclusions of incidents responsibility attribution (Monthly FRB), Service Delivery Total [SD(Total)] and Service Delivery attributable to ABC [SD (ABC)] have been calculated as per below analytic formulas:

1) SD (Total) (All Trips Lost)

$$SD(Total) = \frac{(\text{NbT scheduled - NbT lost})}{\text{NbT scheduled}}$$

With NbT = Number of Trip (round trip is considered)

SD(Total) is represented as a percentage by multiplying by 100% for plotting purposes.

2) SD(ABC) (Trips lost Attributable to ABC) %

$$SD(ABC) = \frac{(\text{NbT init. scheduled - Nb Lost Trip out ABC resp.}) - \text{NbT Lost Trip attributable to ABC}}{\text{NbT init. scheduled - NbT Lost Trip out ABC resp.}}$$

SD(ABC) is represented as a percentage by multiplying by 100% for plotting purposes.

5.3 Vehicle Punctuality Calculation

Based on the conclusions of incidents responsibility attribution (Monthly FRB), Vehicle Punctuality Total [VP(Total)] and Vehicle Punctuality attributable to ABC [VP (ABC)] have been calculated as per below analytic formulas:

1) Total Vehicle Punctuality (All Delays)

$$VP(total) = \frac{(\text{SD} * \text{NbT scheduled - NbT delayed})}{\text{SD} * \text{NbT scheduled}}$$

With NbT = Number of Trip (round trip is considered)

The copyright of this document belongs to ALSTOM-BESIX Consortium Template ref: ELS10-00-M700-ABC-000-00003-B23

VP(Total) is represented as a percentage by multiplying by 100% for plotting purposes.

2) Total Vehicle Punctuality (Delays Attributable to ABC)

$$VP(ABC) = \frac{(\text{SD} * \text{NbT scheduled} - \text{NbT delayed out ABC resp}) - \text{NbT Delayed attributable to ABC}}{\text{SD} * \text{NbT scheduled} - \text{NbT delayed out ABC resp}}$$

VP(ABC) is represented as a percentage by multiplying by 100% for plotting purposes.

5.4 Failure ratio and reliability improvement

Based on the conclusions of incidents responsibility attribution (Monthly FRB), Failure ratio and reliability improvement [Ri (Total)] and Failure ratio and reliability improvement attributable to ABC [Ri (ABC)] have been calculated as per below analytic formulas:

$$Ri = \frac{\text{NbT delayed (i)}}{\text{SD} \times \text{NbT scheduled}}$$

With NbT = Number of Trip (round trip is considered)

Ri is represented as a percentage.

The copyright of this document belongs to ALSTOM-BESIX Consortium Template ref: ELS10-00-M700-ABC-000-00003-B23

6 CONCLUSION

6.1 SD, VP and Failure ratio and reliability improvement indicators monthly summary follow up

Based on the facts and explanations provided in the present report, see below the SD, VP and Failure ratio and reliability improvement indicators (R1, R2, R3, R4) monthly follow up in graphs:

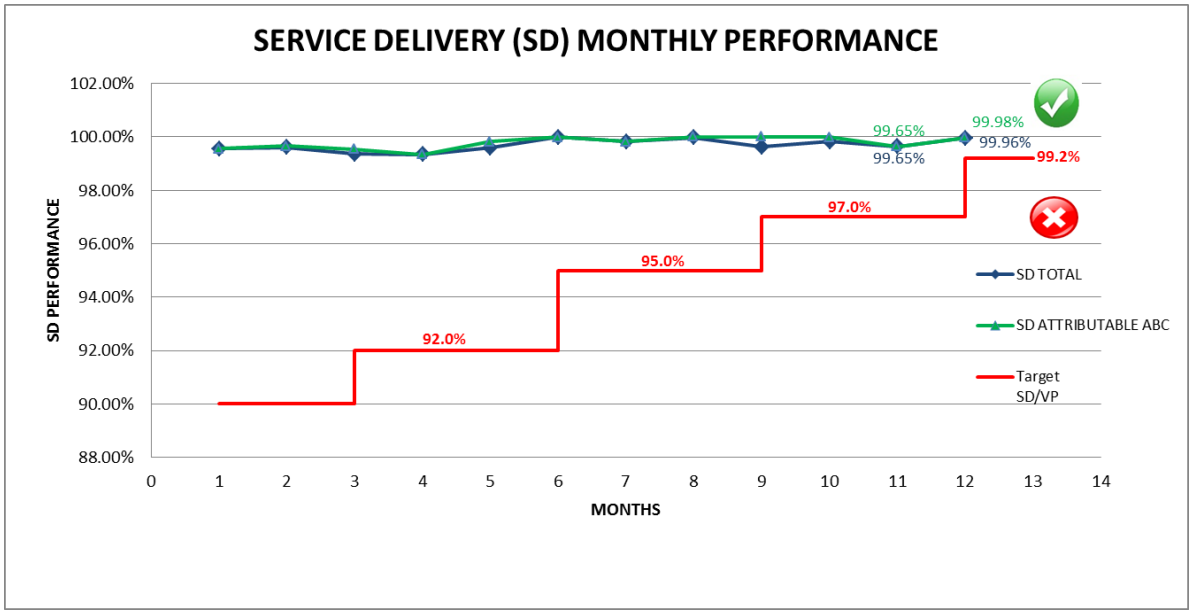


Figure 1: SD monthly follow up

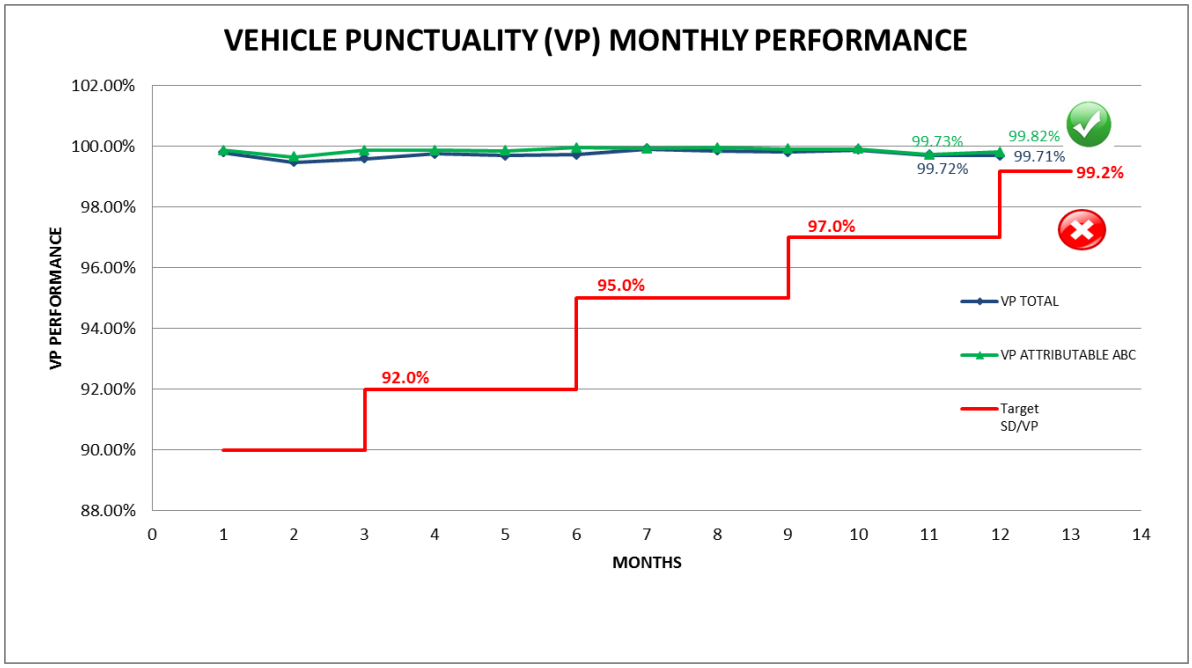
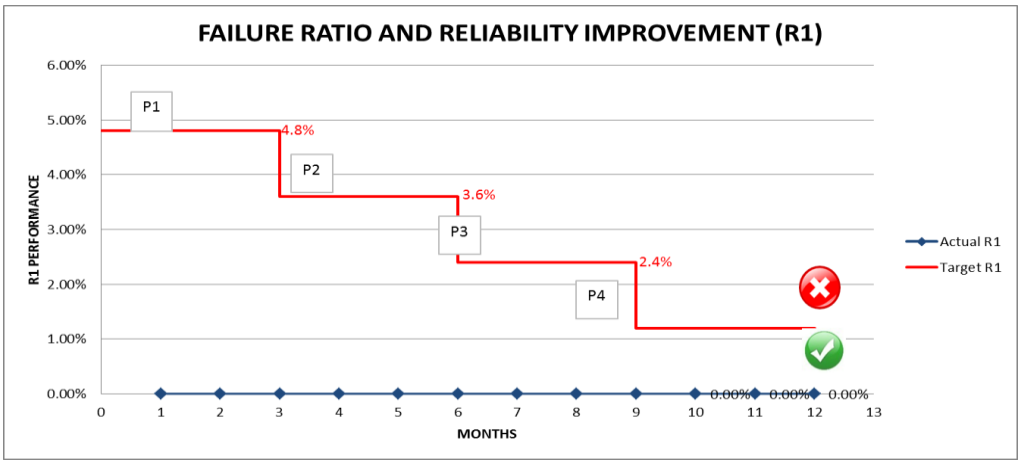
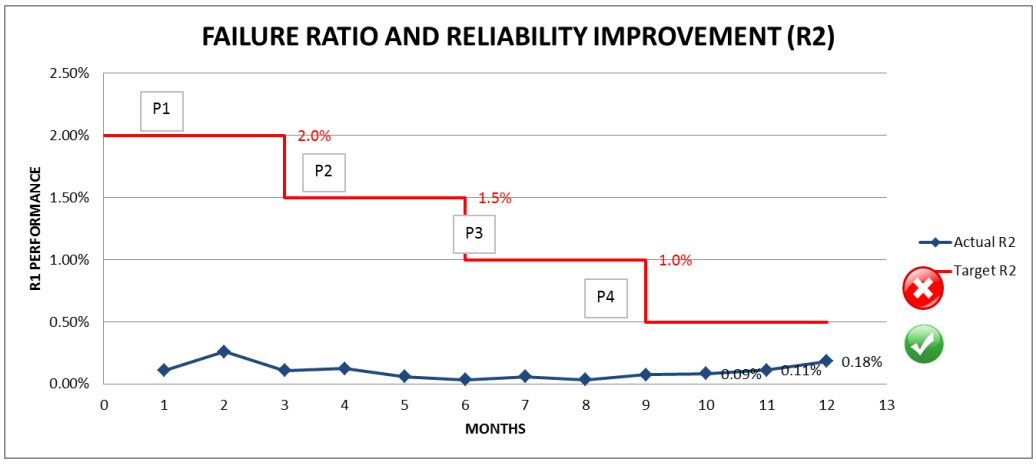
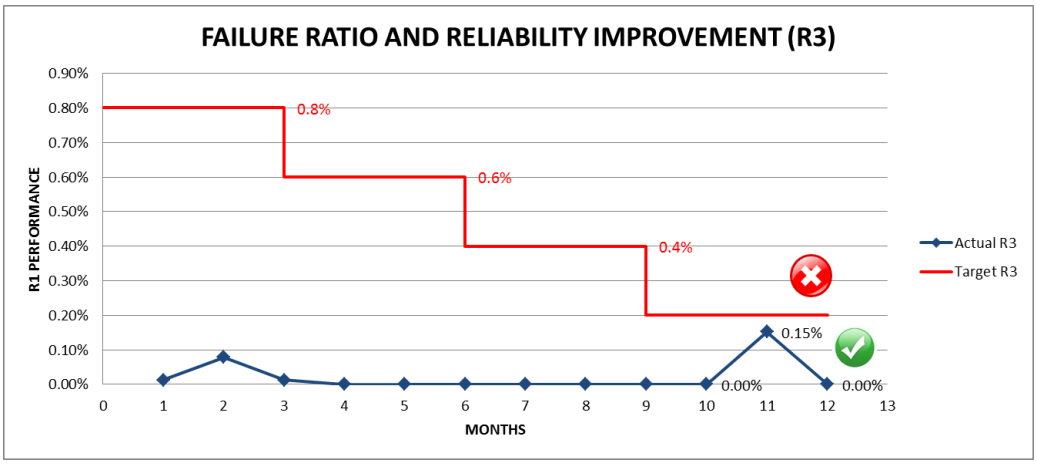


Figure 2: VP monthly follow up

The copyright of this document belongs to ALSTOM-BESIX Consortium







The copyright of this document belongs to ALSTOM-BESIX Consortium

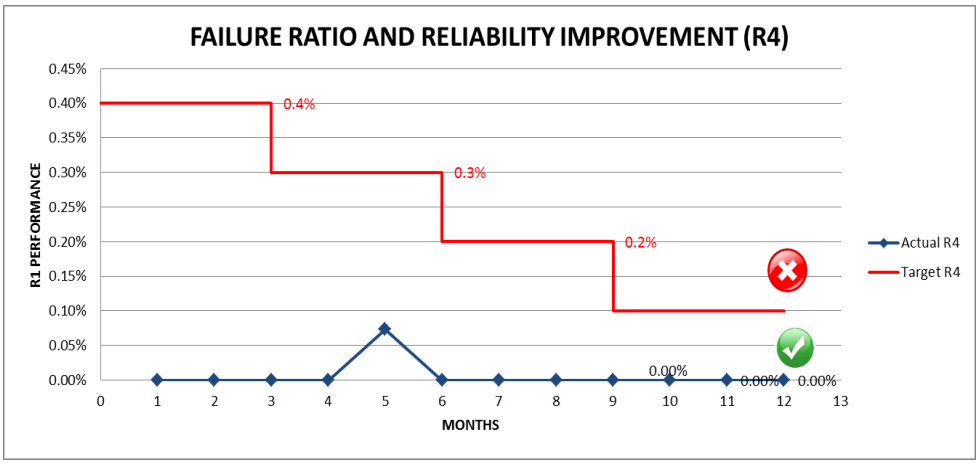


Figure 3: Failure ratio and reliability improvement indicators monthly Follow-up

	Service Delivery		Vehicle Ponctuality		Failure ratio and reliability improvement factors			
Month	SD TOTAL	SD ATTRIBUTABLE ABC	VP TOTAL	VP ATTRIBUTABLE ABC	Actual R1	Actual R2	Actual R3	Actual R4
Jan-16	99.56%	99.56%	99.81%	99.88%	0.00%	0.11%	0.01%	0.00%
Feb-16	99.61%	99.66%	99.49%	99.66%	0.00%	0.26%	0.08%	0.00%
Mar-16	99.36%	99.54%	99.60%	99.88%	0.00%	0.11%	0.01%	0.00%
Apr-16	99.34%	99.34%	99.76%	99.87%	0.00%	0.13%	0.00%	0.00%
May-16	99.60%	99.83%	99.71%	99.87%	0.00%	0.06%	0.00%	0.07%
Jun-16	99.99%	99.99%	99.74%	99.96%	0.00%	0.04%	0.00%	0.00%
Jul-16	99.83%	99.83%	99.91%	99.94%	0.00%	0.06%	0.00%	0.00%
Aug-16	99.98%	100.00%	99.87%	99.96%	0.00%	0.04%	0.00%	0.00%
Sep-16	99.63%	100.00%	99.81%	99.92%	0.00%	0.08%	0.00%	0.00%
Oct-16	99.82%	99.99%	99.89%	99.91%	0.00%	0.09%	0.00%	0.00%
Nov-16	99.65%	99.65%	99.71%	99.77%	0.00%	0.08%	0.15%	0.00%
Dec-16	99.96%	99.98%	99.71%	99.82%	0.00%	0.18%	0.00%	0.00%

Table 2: Actual SD, VP and Failure ratio and reliability improvement indicators values for Year 2016

The copyright of this document belongs to ALSTOM-BESIX Consortium
Template ref: ELS10-00-M700-ABC-000-00003-B23

After 1 year of RAM demonstration period, The System Level RAM KPIs (Service Delivery (SD), Vehicle Punctuality (VP) and Failure Ration and Reliability Improvement (R1 to R4) have been met since the formal start at 01st Jan 2016. Therefore the 12 month RAM Demonstration at System Level is complying with the Contractual Requirements.

It can be concluded that the System Level KPIs as defined in System RAM Demonstration Test Plan (ref. ELS10-00-D900-SYS-000-00074) are compliant with the target in terms of Reliability and Availability. Therefore, the RAM Demonstration for System (SD, VP and Failure ratio and reliability improvement indicators R1, R2, R3, R4) has ended and will not be further monitored.

Please see below reference for individual monthly System RAM reports for 12 months which are submitted officially on ACONEX

Month	Report Reference	Report Title
January-2016	ELS10-00-D900-SYS-000-00860	System RAM Demonstration Monthly Report(January-2016)
February-2016	ELS10-00-D900-SYS-000-00861	System RAM Demonstration Monthly Report(February-2016)
March-2016	ELS10-00-D900-SYS-000-00862	System RAM Demonstration Monthly Report(March-2016)
April-2016	ELS10-00-D900-SYS-000-00863	System RAM Demonstration Monthly Report(April-2016)
May-2016	ELS10-00-D900-SYS-000-00864	System RAM Demonstration Monthly Report(May-2016)
June-2016	ELS10-00-D900-SYS-000-00865	System RAM Demonstration Monthly Report(June-2016)
July-2016	ELS10-00-D900-SYS-000-00866	System RAM Demonstration Monthly Report(July-2016)
August-2016	ELS10-00-D900-SYS-000-00867	System RAM Demonstration Monthly Report(August-2016)
September-2016	ELS10-00-D900-SYS-000-00868	System RAM Demonstration Monthly Report(September-2016)
October-2016	ELS10-00-D900-SYS-000-00869	System RAM Demonstration Monthly Report(October-2016)
November-2016	ELS10-00-D900-SYS-000-00870	System RAM Demonstration Monthly Report(November-2016)
December-2016	ELS10-00-D900-SYS-000-00871	System RAM Demonstration Monthly Report(December-2016)

Table 3: Monthly RAM Report Reference for System

The copyright of this document belongs to ALSTOM-BESIX Consortium Template ref: ELS10-00-M700-ABC-000-00003-B23

ALLEGATO F

DUBAI TRAMWAY CASE STUDY – DUBAI ROADS AND TRANSPORT AUTHORITY – TURNKEY TRAMWAY SYSTEM

CASE STUDY

Dubai Roads and Transport Authority

Turnkey tramway system

Dubai tram is the first turnkey tramway system in the Gulf. It is also the world's first tram line 100% catenary-free.

The tramway offers state-of-the-art technologies. It was specifically designed to meet the transport needs of Dubai and to be effectively inserted into the urban environment.

Country..... United Arab Emirates

Context..... Since November 2014, the Dubai tramway connects the Dubai metro and the Palm Jumeirah monorail, along Al Sufouh Road and Jumeirah Beach Road from Mall of the Emirates to the Dubai Marina. This 10.6 km line is linking 11 air-conditioned stations and will be extended up to 14.7 km in a second phase, including also an option for 14 additional trams. The tram system is expected to serve about 27,000 passengers per day and is anticipated to hit about 66,000 by 2020.

Solution..... Alstom, leader of the consortium and system integrator, delivered with its civil partner a full design & built solution, 2 months ahead of contract schedule, meeting customer demanding requirements and expectations.
Alstom has integrated the whole urban transport solution including the civil works and the urban insertion.
This turnkey contract includes the design and supply of Citadis trams, track laying, electrification, URBALIS CBTC signalling, security and communication systems, ICONIS integrated operation control centre, platform screen doors, ticketing system and signalling at road junctions. Alstom is also responsible for the maintenance of the transport system for a period of 13 years.
The Dubai tram can carry up to 408 passengers in "Gold", "Silver", and "Women & Children" classes. The tram front nose is diamond-shaped and its external livery suggests the sand dunes of the Emirates.

KEY BENEFITS

A full turnkey integrated solution allowing simplified management, strict budget control and optimized schedule for global system performance and safety.

A tram specially adapted to the customer's needs with full low-floor CITADIS vehicles offering three different classes. Dubai tram was designed for extreme weather conditions and benefits from state-of-the-art security and communication systems, on board and in stations. It is the first system equipped with platform screen doors and fully enclosed air-conditioned stations.

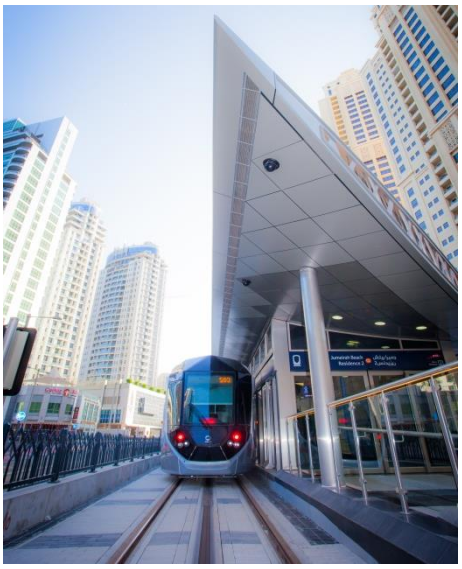
The world's first tram line 100% catenary-free, preserving the landscape. The tram is powered by APS, an intrinsically safe power supply solution installed in the ground, already service-proven in many cities worldwide.

Dubai Roads and Transport Authority/EN/09.2016 - Photo credits: ©ALSTOM SA / L. Tissot
© ALSTOM SA, 2016. All rights reserved. ALSTOM, the ALSTOM logo, all alternative versions and all mentioned trademarks of Alstom's Transport Domain, are the brands and trademarks of ALSTOM SA. The other names mentioned registered or not, belong to their respective owners. Technical and other forms of data contained in the present document are given for the purposes of information only. ALSTOM reserves the right to reconsider or change this data at any time and without warning.

ALSTOM

PROJECT HIGHLIGHTS

Citadis tram length	44 meters
Citadis tram number	11
Maximum operating speed	50 km/h
Capacity	408 passengers
Three Classes	Air-conditioned "Gold", "Silver", "Women & Children" classes
Security	On-board and trackside surveillance camera (CCTV) Access control
Passenger information	On-board video and dynamic route map
Front-end	Styled in a diamond shape
Track works	14.6 km at grade, 5 km on viaduct, including noise and vibrations solutions
Electrification	10 km of APS ground-level power supply (on full main line) Overhead catenary in depot 8 traction power substations , 5 lighting power substations
Stations	11 fully enclosed air-conditioned stations Platform screen doors Surveillance camera (CCTV) Passenger information system, internet kiosk, contactless ticketing, Public Address, Video Broadcasting System
Depot	Washing machines, lifting jacks, sand-filling stations, painting tunnel, underfloor wheel lathe & railroad vehicle
Operation control center	ICONIS operation control center: • Automatic Train Supervision & SCADA • CCTV/security screens • Dedicated police control room • Automatic Vehicle Localization System (AVLS) • Building Management System (BMS) • Maintenance Management System (MMS)
Train control & interlocking	URBALIS 400 Communication Based Train Control (CBTC) SMARTLOCK Computer-based interlocking
Road signalling	23 road junctions equipped with Traffic Logic Controllers for full priority to tramways over road vehicles
Maintenance	13-year maintenance contract



For more information
please contact Alstom:

Alstom
48, rue Albert Dhalenne
93842 Saint-Ouen, Cedex France

Phone: +33 1 57 06 90 00

Visit us online: www.alstom.com

© ALSTOM SA, 2016. All rights reserved. ALSTOM, the ALSTOM logo, all alternative versions and all mentioned trademarks of Alstom's Transport Domain, are the brands and trademarks of ALSTOM SA. The other names mentioned registered or not, belong to their respective owners. Technical and other forms of data contained in the present document are given for the purposes of information only. ALSTOM reserves the right to reconsider or change this data at any time and without warning.

ALLEGATO G

PIANO DI MANUTENZIONE PRELIMINARE CITADIS E APS

	Types d'intervention C : contrôle R : réglage N : nettoyage O : opération	Période d'intervention E: sous exploitation NE: hors exploitation	Description de la maintenance préventive prévue (Pour toutes les fonctionnalités traiter les modes nominaux et dégradés)	Fréquence de l'intervention de maintenance
Alimentation Par le Sol (APS) Partie Sol				
Partie Sol : Armoire APS (en sous-station)	C	NE	Vérification de l'armoire des conditions de fonctionnement	tous les ans
Partie Sol : Regards	C	NE	Vérification des seuils de détection / Inspection des boitiers et du coffret d'alimentation	tous les ans
Partie Sol : Section courante	C	E	Contrôle de l'état de surface des barreaux conducteurs, céramiques isolantes. (Inspection effectué avec l'inspection à pied de voie)	tous les 3 mois
Partie Sol : câbles	C	NE	Vérification des câbles de communication et tests d'isolement	tous les ans

			Man Hours for a train
Activity description	**Frequency value**	**Frequency unit**	**Total**
Specific Operations : axle box oil change (only once during equipment life)	5000	KM	**0**
Wheels re-profiling	25000	KM	**20**
25 000 km visit	25000	KM	**10**
75 000 km visit	75000	KM	**100**
225 000 km visit	225000	KM	**33**
Wheels banding replacement	350000	KM	**95**
Wheels banding replacement	450000	KM	**10**
450 000 km overhaul	450000	KM	**35**
600 000 km overhaul	600000	KM	**520**
900 000 km overhaul	900000	KM	**75**

ALLEGATO I

CITADIS TRAM REFERENCES

CITADIS TRAM REFERENCES :

116 Citadis (2.40 m wide) sold to 5 cities since Feb. 2013

: City/Country /Customer	Nb and Citadis type	Award date Contract date	Operation start	Dimensions Width / Length		Configuration Floor type / Vehicle type		Passenger Capacity (4p/m²)	Characteristics	Scope of the contract, in addition to the RS supply	Design (picture)
Bordeaux France CUB / BORDEAUX METROPOLE	**26** – 402	June 2011	2013/2014	2.40 m	44 m	Low-floor 100 %	Bi-directional	290 (70 seats)	• Cab & passenger HVAC • CCTV • Disabled People Area • APS (ground power supply) • Covered roof (fairing)	• APS (infrastructure) • Track works • 5-year maintenance on Citadis & APS	
Paris T7/T8 France RATP	**19** – 302 **20** - 302	Feb 2011 May 2013	Nov. 2013 Dec. 2014	2.40 m	32 m	Low-floor 100 %	Bi directional	209 (56 seats)	• Cab & passenger HVAC • CCTV • Disabled People Area • LED lighting • TFT displays		
Tours France AGGLO TOURS PLUS	**21-** 402	Sept 2010	Sept. 2013	2.40m	43 m	Low-floor 100 %	Bi-directional	291 (88 seats)	• Cab & passenger HVAC • Disabled People Area • PACIS (TFT screens) & CCTV • LED lighting • Roof cover (fairing) • APS (ground power supply)	Ground power supply (infrastructure for catenary-free operation on 1.7 km in city center)	
Aubagne France AGGLO AUBAGNE	**8 –** 202	Oct 2011	Sept. 2014	2.40m	22,06m	Low floor 100%	Bi-directional	124 (27 seats)	• 4 doubles doors / side • Ixege bogies • Cab & PAX HVAC / CCTV • New driver's cab STI 2015 • Disabled person area		

All information within this document is the property of ALSTOM Transport.

CITADIS TRAM REFERENCES :

116 Citadis (2.40 m wide) sold to 5 cities since Feb. 2013

: City/Country /Customer	Nb and Citadis type	Award date Contract date	Operation start	Dimensions Width / Length		Configuration Floor type / Vehicle type		Passenger Capacity (4p/m²)	Characteristics	Scope of the contract, in addition to the RS supply	Design (picture)
Nottingham United Kingdom Tramlink	**22-** 302	Dec 2011	August 2014 Then Aug. 2015 (Phase 2)	2.40 m	32.6 m	Low-floor 100 %	Bi-directional	200 (56 + 12 seats) or 201 (56 seats)	• Integration of UK Regulations: RVAR & RSP2 • Induction loop for hearing impaired (suspended modules) • Traction control per axle • Cab & PAX HVAC	**Turnkey** - Trackworks (inc. vibration tests & monitoring) - Power supply - Signalling & telecom - System engeneering **Services:** RS maintenance (23 years) inc. Incentro previous trams	

All information within this document is the property of ALSTOM Transport.