



## OSSERVATORIO



# ETR1000 - Simulatore “Soft Train” Provare e validare il rotabile prima della costruzione

*ETR1000 - “Soft Train” Simulator  
Testing and validating the rolling stock before assembling*

Dott. Ing. Christian BRIGNONE<sup>(\*)</sup>  
Dott. Ing. Dimitrios MARINIS<sup>(\*)</sup>  
Dott. Ing. Paolo SALA<sup>(\*)</sup>

## 1. Introduzione

Grazie all’esperienza maturata negli anni nell’ambito dei Sistemi di Simulazione di rotabili ferroviari e dai numerosi successi maturati in questo ambito, Bombardier Transportation di Vado Ligure ha scelto di prendere in carico, anche per il progetto ETR1000, la realizzazione di un simulatore del Sistema di Comando e Controllo del treno e la responsabilità di tutte le attività di verifica delle funzionalità del treno (dette attività di Vehicle Testing).

Con il nome di “Soft Train” si intende quindi un ambiente di simulazione modulare dotato di un sofisticato motore software ed una complessa architettura hardware, in grado di riprodurre nel modo più fedele possibile il funzionamento di due treni ETR1000, anche accoppiabili tra loro per un totale di 16 carrozze, in tutte le configurazioni di funzionamento possibili.

Il simulatore è stato utilizzato durante tutto il ciclo di vita del progetto: dalla progettazione, durante i test preliminari, fino ai test finali di validazione ed alla fase di messa in servizio e accettazione, in accordo con il diagramma a V del ciclo di vita del software (come definito nella normativa EN50128).

Per accogliere il Soft Train è stata costruita nel 2011 una nuova area di circa 50 m<sup>2</sup> nei pressi del Laboratorio Tecnologico della Seconda Sezione dello stabilimento di Vado Ligure (fig. 1).

## 2. Il sistema di comando e controllo del treno ETR1000

Il sistema di comando e controllo del treno ETR1000 (fig. 2) può essere rappresentato come l’insieme di tre principali sottosistemi, interagenti tra di loro:

## 1. Introduction

*With the experience gained over the years within the Simulation Systems of railway vehicles and the numerous successes accrued in this area, Bombardier Transportation of Vado Ligure has chosen to take on the responsibility of the construction of a simulator of the Command and Control System of the train, even for the ETR1000 project, and the responsibility for all the verification activities of the train features (called Vehicle Testing activities).*

*Therefore, a modular simulation environment is intended with the name “Soft Train”, equipped with a sophisticated software engine and a complex hardware architecture, capable of reproducing the operation of two ETR1000 trains in the most faithful way possible, also coupled together for a total of 16 coaches, in all possible operating configurations.*

*The simulator was used throughout the project life cycle: from the design, during preliminary testing, up to the final validation tests and to the commissioning and acceptance stage, in accordance with the V diagram of the software life cycle (as defined in the EN50128 standard).*

*To accommodate the Soft Train a new area of about 50 m<sup>2</sup> was built in 2011 near the Technological Laboratory of the Second Section of the Vado Ligure plant (fig. 1).*

## 2. Command and control system of the ETR1000 train

*The ETR1000 train command and control system (fig. 2) can be represented as the set of three major subsystems, interacting between them:*

- *Train Control and Monitoring System (TCMS): set of hardware units, with installed software and communi-*

<sup>(\*)</sup> Head of TCMS Application Italy, Engineering.

<sup>(\*\*)</sup> Head of Process & Tools office, Engineering.

<sup>(\*\*\*)</sup> Software Engineer, TCMS Application Italy, Engineering.

<sup>(\*)</sup> Head of TCMS Application Italy, Engineering.

<sup>(\*\*)</sup> Head of Process & Tools office, Engineering.

<sup>(\*\*\*)</sup> Software Engineer, TCMS Application Italy, Engineering.



## OSSERVATORIO



Fig. 1 - Postazione di controllo del Soft Train.  
Fig. 1 - Soft Train control station.

- Train Control and Monitoring System (TCMS): insieme di centraline hardware, con software installato e reti di comunicazione che realizzano la supervisione ed il comando del treno;
- Ordinary Train Control (OTC): insieme di circuiti e componenti elettrici (relè, contattori, interruttori, ecc.) che realizzano le logiche cablate di funzionamento in sicurezza del treno;
- Centraline Terze Parti: centraline di controllo dei principali sottosistemi elettromeccanici e pneumatici del treno (come ad esempio Freno, Porte, Pantografo, Carrello, ecc.) di responsabilità di fornitori esterni, interfacciati al TCMS tramite bus di comunicazione Ethernet IP ed MVB (Multifunction Vehicle Bus).

cation networks that perform the supervision and control of the train;

- Ordinary Train Control (OTC): a collection of circuits and electrical components (relays, contactors, switches, etc.) that perform the wired logics of safe operation of the train;
- Third Party Units: control units of the main electro-mechanical and pneumatic train subsystems (such as Brake, Doors, Pantograph, Bogie, etc.) that are the responsibility of external suppliers, interfacing with the TCMS via the communication bus Ethernet IP and MVB (Multifunction Vehicle Bus).

### 3. Architecture of the Soft Train

The idea behind the Soft Train is to interface a software simulation system with the Command and Control of the train capable of replicating the behaviour of the train and of its electromechanical and pneumatic systems.

The VCS (Vehicle Control Simulator) represents the simulation centre, a rack designed together with colleagues from Bombardier in Sweden (fig. 3) containing:

- a PC containing the software management and control of simulation of the electromechanical and pneumatic systems of the train, written in Labview language;
- a second PC containing a Bombardier proprietary tool that is used to verify and test the behaviour of the TCMS components software;
- modules and MVB and IP communication adapters to interface the VCS with the TCMS.

The hardware architecture of the Command and Control System of the two trains includes all real devices of the TCMS on board the ETR1000:

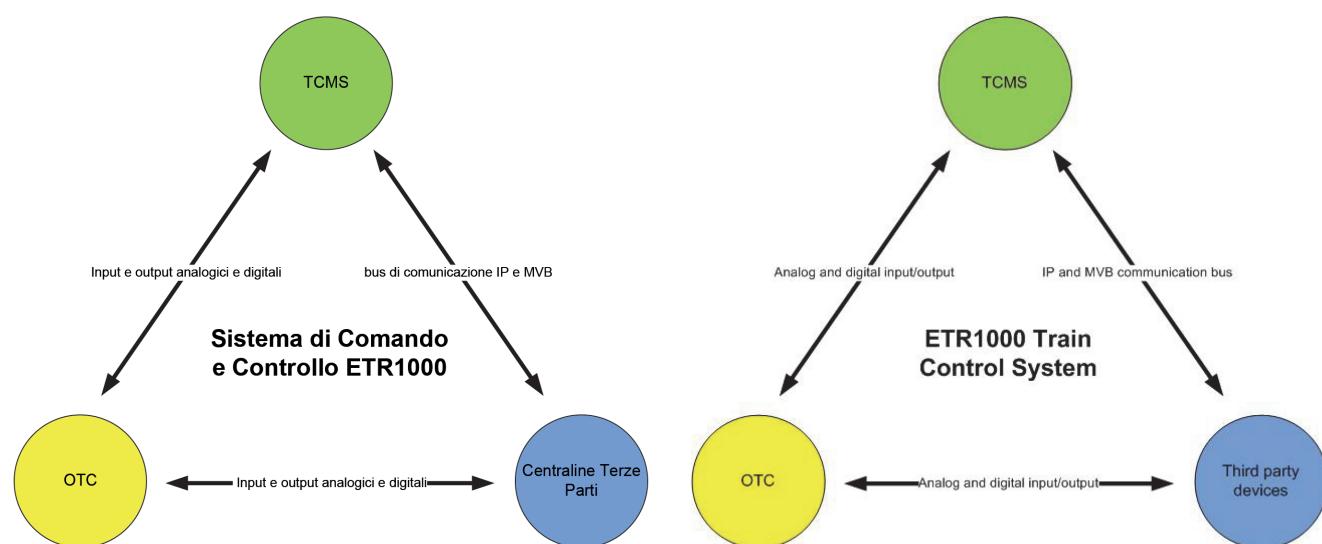


Fig. 2 - Schema di principio del Sistema di Comando e Controllo del treno ETR1000.

Fig. 2 - Schematic diagram of the ETR1000 Train Command and Control System.



## OSSERVATORIO

### 3. L'architettura del Soft Train

L'idea alla base del Soft Train è quella di interfacciare al Sistema di Comando e Controllo del treno una simulazione software in grado di replicare il comportamento del treno e dei suoi sistemi elettromeccanici e pneumatici.

Il cuore della simulazione è rappresentato dalla VCS (Vehicle Control Simulator), un rack progettato insieme ai colleghi di Bombardier in Svezia (fig. 3) contenente:

- un PC contenente il software di gestione e controllo della simulazione dei sistemi elettromeccanici e pneumatici del treno, scritto in linguaggio Labview;
- un secondo PC contenente un tool di proprietà Bombardier, utilizzato per verificare e testare il comportamento del software dei componenti TCMS;
- moduli e schede di comunicazione MVB e IP per interfacciare la VCS al TCMS.

L'architettura hardware del Sistema di Comando e Controllo dei due treni comprende tutti i dispositivi reali del TCMS presenti a bordo dell'ETR1000:

- centraline di controllo con software installato: logiche di veicolo, centraline diagnostiche e per la comunicazione terra-treno, ecc. Tutte queste centraline sono equipaggiate con le medesime versioni software installate a bordo treno;
- moduli di input/output digitale e analogico, utilizzati dal TCMS per l'acquisizione di sensori, il controllo di attuatori e l'interfacciamento verso i circuiti OTC (Ordinary Train Control);
- dispositivi per la realizzazione delle reti di comunicazione: switch ethernet, accoppiatori bus MVB, ecc.;
- bus di comunicazione Ethernet IP, MVB (Multifunction Vehicle Bus) e WTB (Wire Train Bus);
- monitor di banco, utilizzati dal personale di bordo (Macchinista e Capotreno) per la visualizzazione ed il comando del treno.

I Sistemi di Comando e Controllo dei due singoli treni sono collegati tra loro tramite i bus IP e WTB, così come avviene tra i due ETR1000 reali. Ciò consente di poter eseguire anche prove in configurazione multipla con due treni accoppiati (per un totale di 8+8=16 carrozze).

Tutti i dispositivi TCMS sono stati installati all'interno di rack dedicati. Per progettare la disposizione, l'installazione meccanica e l'integrazione elettrica di tutti questi componenti all'interno dei rack, il team di ingegneria si è servito di CATIA Dassault Systèmes, un software di modellazione 3D utilizzato anche per la progettazione dei treni reali. In fig. 4 sono rappresentate alcune immagini dei modelli 3D dei rack contenenti i dispositivi TCMS. La fig. 5 mostra una foto dei reali rack del Soft Train dopo l'assemblaggio.

L'architettura del Soft Train consente, inoltre, tramite un rack dedicato (fig. 6), di ospitare ed interfacciare al



Fig. 3 - Vehicle Control Simulator.  
Fig. 3 - Vehicle Control Simulator.

- *control units with installed software: vehicle logics, diagnostic units and train-to-wayside communication devices, etc. All these units are equipped with the same software versions installed on board the train;*
- *digital and analogue input/output modules, used by the TCMS for the acquisition of sensors, the control of actuators and interfacing towards the OTC circuits (Ordinary Train Control);*
- *devices for the creation of communication networks: ethernet switches, MVB bus couplers, etc.;*
- *IP Ethernet communication bus, MVB (Multifunction Vehicle Bus) and WTB (Wire Train Bus);*
- *human machine interfaces of driver desk used by on board staff (Driver and Crew) for train supervision and control.*

*The Command and Control Systems of the two individual trains are connected to each other through the IP and WTB bus, as happens between the two real ETR1000. This also allows performing tests in multiple configuration with two coupled trains (for a total of 8+8 = 16 coaches).*

*All TCMS devices have been installed in dedicated racks. To design the layout, the mechanical installation and electrical integration of all these components within the rack, the engineering team used CATIA Dassault Systèmes, a 3D modelling software also used for the design of real trains. Fig. 4 shows some images of the 3D models of the racks*



## OSSERVATORIO

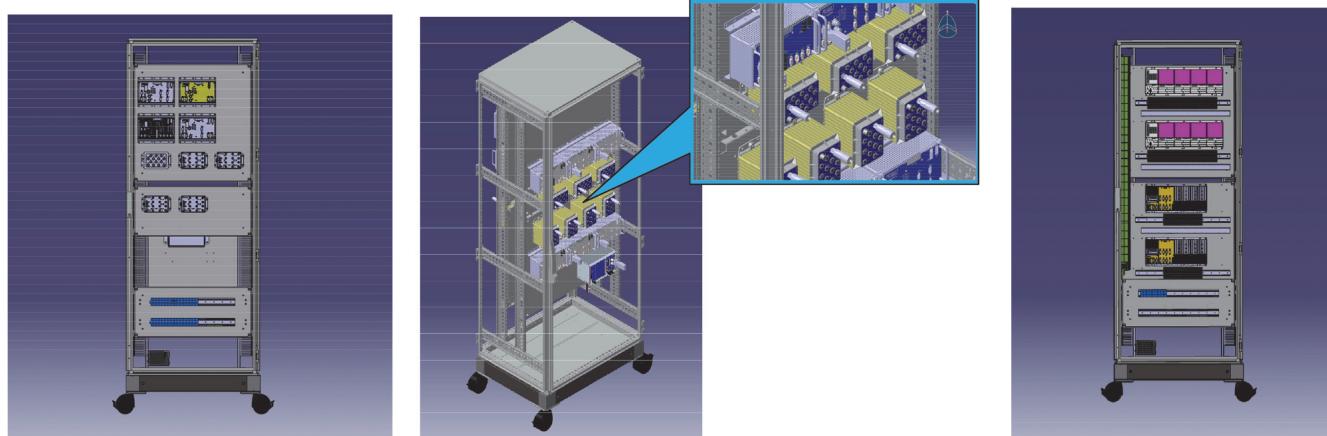


Fig. 4 - Modelli 3D dei rack e dei dispositivi TCMS.  
Fig. 4 - 3D models of racks and of TCMS devices.

TCMS le centraline Terze Parti, ovvero le centraline di controllo dei principali sottosistemi elettromeccanici e pneumatici del treno (come ad esempio Freno, Porte, Pantografo, Carrello, ecc.): è stato possibile quindi coinvolgere i fornitori dei sistemi del treno per eseguire test di comunicazione e test funzionali tra le loro centraline ed il TCMS nel laboratorio di Vado Ligure, evitando prove a bordo treno.

Un ulteriore valore aggiunto del Soft Train è rappresentato dal cosiddetto rack OTC (fig. 7), un armadio contenente gli stessi circuiti e componenti elettrici (relè, interruttori magnetotermici, contattori, ecc.) installati a bordo treno, che realizzano le logiche cablate di funzionamento in sicurezza.

L'insieme di tutti questi componenti ha consentito di effettuare test completi di integrazione hardware e software tra TCMS, circuiti OTC e centraline Terze Parti. La compresenza di una simulazione software avanzata e

containing the TCMS devices. Fig. 5 shows a photo of the actual racks of the Soft Train after assembly.

The architecture of the Soft Train also enables hosting and interfacing Third Parties units with the TCMS through a dedicated rack (fig. 6), or the control units of the main electromechanical and pneumatic subsystems of the train (such as for example Brake, Doors, Pantograph, Bogie, etc.): it was therefore possible to involve suppliers of train systems to perform communication tests and functional tests between their units and the TCMS in the laboratory of Vado Ligure, avoiding tests on board the train.

Another Soft Train added value is represented by the so-called OTC rack (fig. 7), a cabinet containing the same circuits and electrical components (relays, thermal-magnetic circuit breakers, contactors, etc.) installed on board the train, that perform wired logic safe operation.

The combination of all these components has allowed carrying out comprehensive hardware and software integration tests of the TCMS, OTC circuits and Third Party control units. The presence of an advanced simulation software and hardware architecture virtually identical to that of the real train has raised the confidence level of these tests.

### 4. Software and simulation Interface

The VCS is the heart of the ETR1000 train simulation. As mentioned, there is a PC inside that runs the software that manages and controls the simulation of electro-mechanical and pneumatic systems on the train.

The simulation models consist of state machines representative of the various train systems, developed on the basis of the functional requirements. The simulation controls the machine statuses: the VCS sends and receives interface signals to the TCMS for each status of the system, using the corresponding communication bus.

The user can access all the controls and indicators of



Fig. 5 - Rack con installati i dispositivi del TCMS.  
Fig. 5 - Rack with the TCMS devices installed.



## OSSERVATORIO

di un'architettura hardware praticamente identica a quella del treno reale ha innalzato il livello di confidenza di questi test.

### 4. Il software e l'interfaccia di simulazione

La VCS è il cuore della simulazione del treno ETR1000. Come detto, al suo interno è presente un PC sul quale viene eseguito il software che gestisce e controlla la simulazione dei sistemi elettromeccanici e pneumatici presenti sul treno.

I modelli di simulazione consistono in macchine a stati rappresentative dei vari sistemi del treno, sviluppate sulla base dei requisiti funzionali. La simulazione controlla la macchina a stati: per ogni stato del sistema la VCS invia e riceve i segnali di interfaccia verso il TCMS, tramite i relativi bus di comunicazione.

L'utente, attraverso delle interfacce grafiche dedicate, può accedere a tutti i controlli ed indicatori del treno così come visibili al personale di bordo. In fig. 8 è mostrato il pannello contenente tutti i pulsanti, le leve e le spie presenti sul reale banco di manovra del treno ETR1000. In questo modo è possibile effettuare le medesime manovre che il Macchinista può compiere a bordo treno.

Le interfacce grafiche consentono inoltre di visualizzare lo stato della simulazione di tutti i sistemi del treno e controllarne il comportamento. La fig. 9, ad esempio, mostra il pannello di controllo della simulazione del sistema Freno, attraverso il quale l'utente può:

- visualizzare lo stato di tutti componenti del sistema freno (pressioni dei cilindri, stato dei freni a molla, antipattinante, supervisione degli assi bloccati, stato di funzionamento delle centraline di controllo, ecc.);
- effettuare azioni come rilasciare un freno, isolare un carrello o tirare una maniglia di emergenza passeggeri;
- effettuare forzature, come ad esempio modificare una pressione o simulare un guasto di un componente o di una funzione.

Tra le interfacce disponibili sono anche presenti dei pannelli che rappresentano in tempo reale lo stato dei circuiti dell'armadio OTC. La fig. 10 mostra, ad esempio, il pannello di controllo del circuito che comanda la frenatura d'emergenza del treno. L'utente in questo caso può:

- visualizzare lo stato di alimentazione dei diversi rami del circuito;
- verificare lo stato dei diversi componenti elettrici, come ad esempio l'energizzazione di un relè o la chiusura di un contattore;



Fig. 6 - Rack per ospitare le centraline Terze Parti.



Fig. 7 - Rack con circuiti e componenti OTC.

Fig. 6 - Rack per ospitare le centraline Terze Parti.

Fig. 7 - Rack with OTC circuits and components.

*the train as visible to the staff on board, through the dedicated graphical interfaces. Fig. 8 shows the panel containing all the buttons, levers and the lights on the real driver desk of the ETR1000 train. In this way it is possible to perform the same actions that the Driver can perform on board the real train.*

*Graphic interfaces also allow viewing the status of the simulation of all train systems and control its behaviour. Fig. 9, for example, shows the control panel of the Brake system simulation, through which the user can:*

- view the status of all components of the brake system



Fig. 8 - Interfaccia grafica della VCS con i comandi del banco di manovra.

Fig. 8 - Graphic interface of the VCS with the manoeuvre desk controls.



## OSSERVATORIO

- effettuare forzature all'interno del circuito, come ad esempio l'intervento di un interruttore magnetotermico o la rottura di un contatto, per analizzare il comportamento del treno in caso di particolari guasti.

La postazione di controllo del Soft Train comprende anche tutti e tre i monitor presenti sul treno riservati al personale di bordo (fig. 11): sono infatti presenti i monitor di banco delle due carrozze di testa utilizzati dal Macchinista ed il monitor situato nella carrozza intermedia utilizzato dal Capotreno. In questo modo l'utente può controllare la reazione del treno alle azioni eseguite tramite la simulazione e verificare che il comportamento sia quello atteso.

Il secondo PC della VCS consente contemporaneamente di verificare e testare il comportamento del software presente sulle centraline del TCMS per verificare che il treno risponda agli stimoli impartiti dalla simulazione secondo il comportamento atteso. In questo modo l'utente può eseguire delle procedure di test manualmente ed ottenere files di log con i risultati del test (nella fig. 12 è mostrato un grafico con l'andamento di alcuni segnali del software della logica di veicolo del TCMS).

(cylinder pressures, condition of the spring brakes, slip-slide protection system, supervision of non-rotating axles, operating status of the control units, etc.);

- perform actions such as releasing a brake, isolating a bogie or pulling a passenger emergency handle;
- force a pressure value, or simulate a failure of a component or function.

Panels that represent the real-time status of the OTC cabinet circuits are also present among the available interfaces.

Fig. 10 shows, for example, the circuit of the control panel that commands the emergency braking of the train. The user can in this case:

- view the voltage of the different branches of the circuit;
- check the status of the various electrical components, such as the energisation of a relay or the closing of a contactor;
- force within the circuit, for example the intervention of a magnetic circuit breaker or the breaking of a contact,



Fig. 9 - Interfaccia grafica di controllo della simulazione del sistema freno.

Fig. 9 - Control graphical interface of the brake system simulation.



## OSSERVATORIO

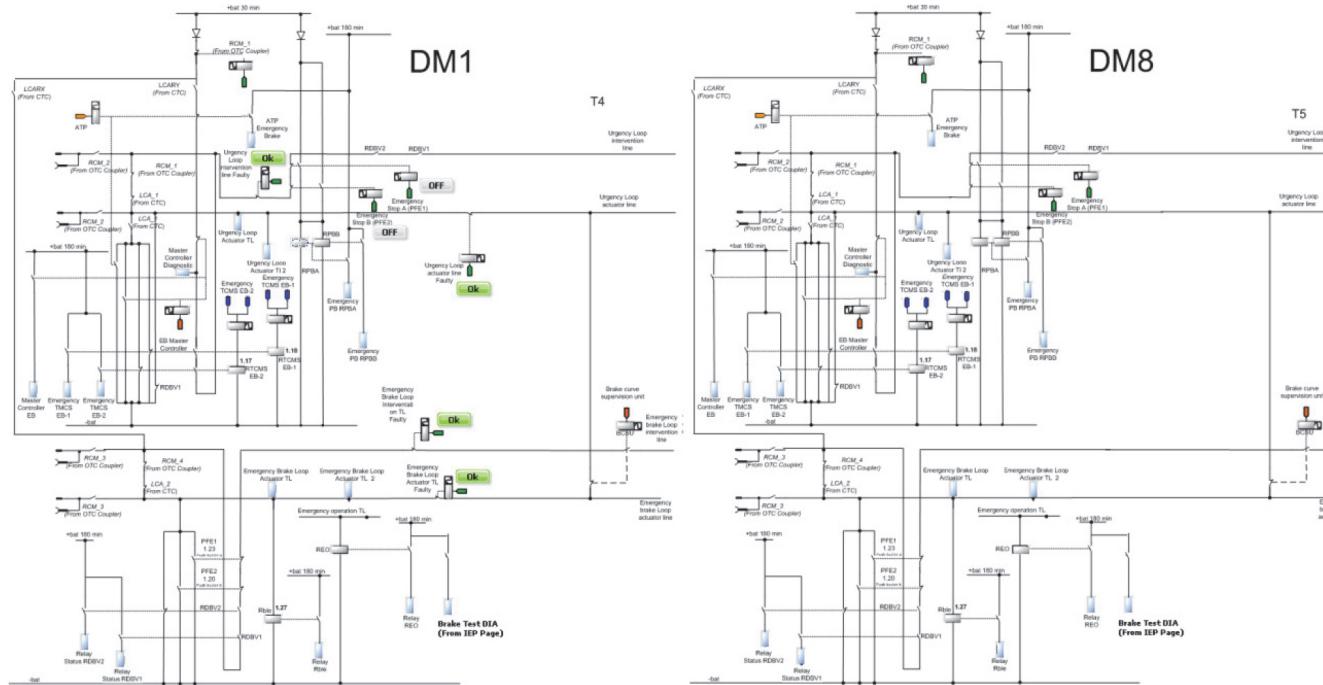


Fig. 10 - Interfaccia grafica della VCS per la visualizzazione ed il controllo del circuito per la frenatura d'emergenza.  
*Fig. 10 - Graphical interface of the VCS for the visualisation and control of the circuit for emergency braking.*

Il software di simulazione permette inoltre di scrivere sequenze di test automatiche in linguaggio formale. Ciò consente di velocizzare ed automatizzare (non è necessaria la presenza continuativa dell'utente) la verifica della conformità ai requisiti funzionali del treno e l'esecuzione test di non regressione ad ogni emissione di una nuova versione del software del TCMS. Al termine dell'esecuzione della procedura automatica il software genera automaticamente un report.



Fig. 11 - Postazione con monitor di controllo della simulazione e monitor di banco del treno.  
*Fig. 11 - Station with simulation control monitor and train desk monitor.*

*to analyse the behaviour of the train in the event of particular faults.*

*The Soft Train control station also comprises all three monitors present on the train reserved to staff on board (fig. 11): there are the human machine interfaces installed on the driver desk and used by the Driver, and the one installed in the intermediate coach and used by the Crew.*

*In this way the user can control the reaction of the train to the actions performed by the simulation and can verify that the behaviour is as expected.*

*The second VCS PC simultaneously allows checking and testing the behaviour of the software available on the TCMS units to verify that the train react to the simulation as expected.*

*In this way the user can perform the testing procedures manually and obtain the log files with the test results (fig. 12 shows a graph with the trend of some signals of the TCMS vehicle logic software).*

*The simulation software also allows writing automated test sequences in formal language. This allows speeding up and automating (the continuous presence of the user is not required) verification of compliance with the functional requirements of the train and the non-regression testing for each release of a new version of the TCMS software. On completion of the automatic procedure, the software automatically generates a report.*



## OSSERVATORIO

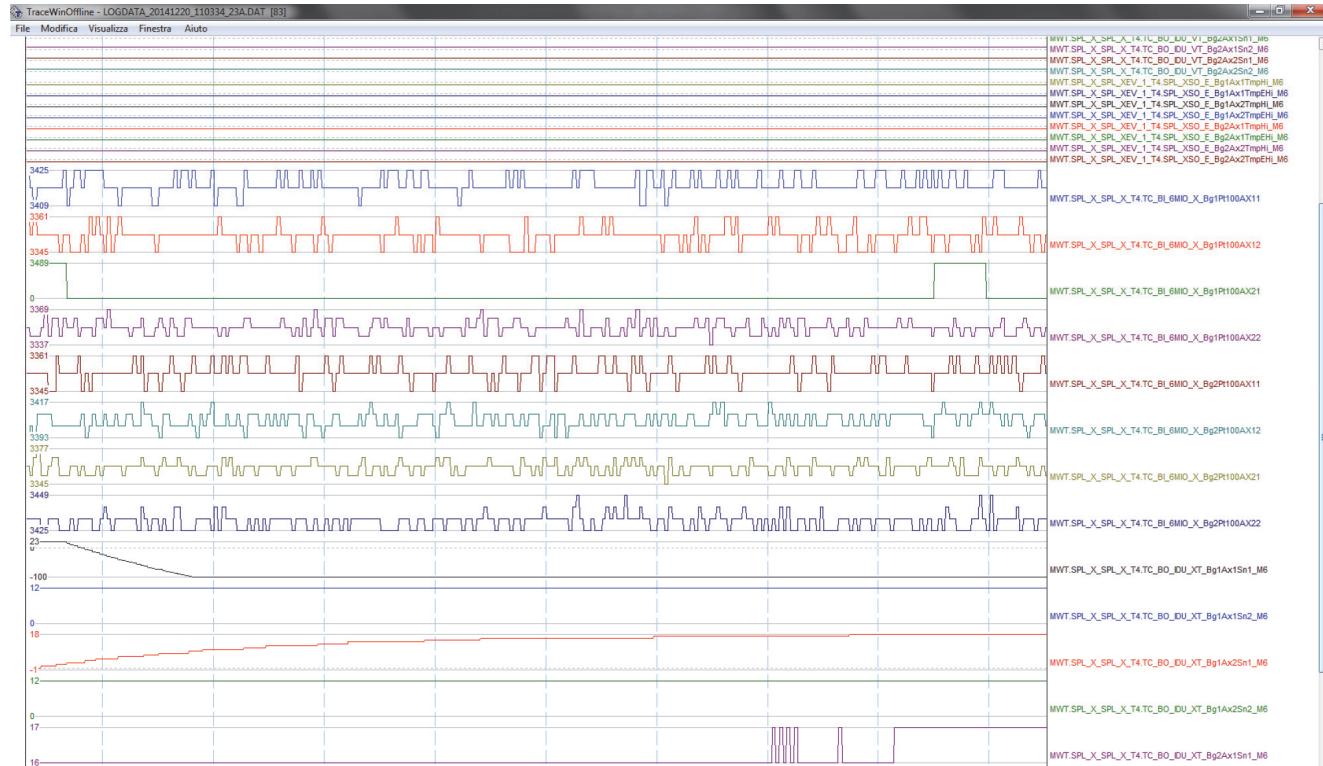


Fig. 12 - Test dei segnali interni delle centraline del TCMS.  
Fig. 12 - Testing of internal signals of the TCMS units.

### 5. Diagnostica e telediagnistica (fig. 13)

Il treno ETR1000 si contraddistingue per delle avanzate tecniche di diagnostica correttiva e predittiva (Condition Based Maintenance - CBM), capaci di rilevare la maggior parte dei modi di guasto, di capire lo stato di salute dei componenti e di predirne eventuali guasti o malfunzionamenti.

L'architettura del Soft Train comprende i dispositivi di bordo della diagnostica e della telediagnistica, il sistema di Bombardier di trasmissione a terra dei dati diagnostici di bordo. Ciò ha quindi consentito di testare l'intero processo di rilevazione e gestione di guasti o malfunzionamenti:

- simulazione di guasti o malfunzionamenti a bordo treno tramite il software della VCS;
- verifica degli algoritmi di diagnostica correttiva e predittiva di bordo, ovvero della capacità del software TCMS di rilevare il guasto o malfunzionamento prodotto;
- verifica della avvenuta memorizzazione delle informazioni diagnostiche nelle centraline TCMS di bordo treno;
- verifica della corretta visualizzazione del guasto sui monitor di banco del Macchinista e del Capotreno, con le relative informazioni ed azioni di depannaggio necessarie;
- test della capacità di invio dei dati diagnostici a terra,

### 5. Diagnostic and Remote diagnostic (fig. 13)

The ETR1000 train is characterised by the advanced corrective and predictive diagnostic techniques (Condition Based Maintenance - CBM), capable of detecting most of the failure modes, of understanding the health status of the components and predicting possible failures or malfunctions.

The Soft Train architecture includes the on-board diagnostic and the remote diagnostic, a train-to-wayside communication system developed by Bombardier. This has therefore made it possible to test the entire process of detection and management of faults or malfunctions:

- simulation of failures or malfunctions on board the train through the VCS software;
- verification of corrective and predictive diagnostic algorithms on board, or the TCMS software's ability to detect the failure or malfunction of the product;
- verification of successful storage of diagnostic information in the TCMS train control units on board;
- verification of the correct display of the failures on the desk monitor of the Driver and Crew, with the relevant information and necessary depannage instructions;
- testing of the transmission of diagnostic information from the train to the ground server through GSM-



## OSSERVATORIO

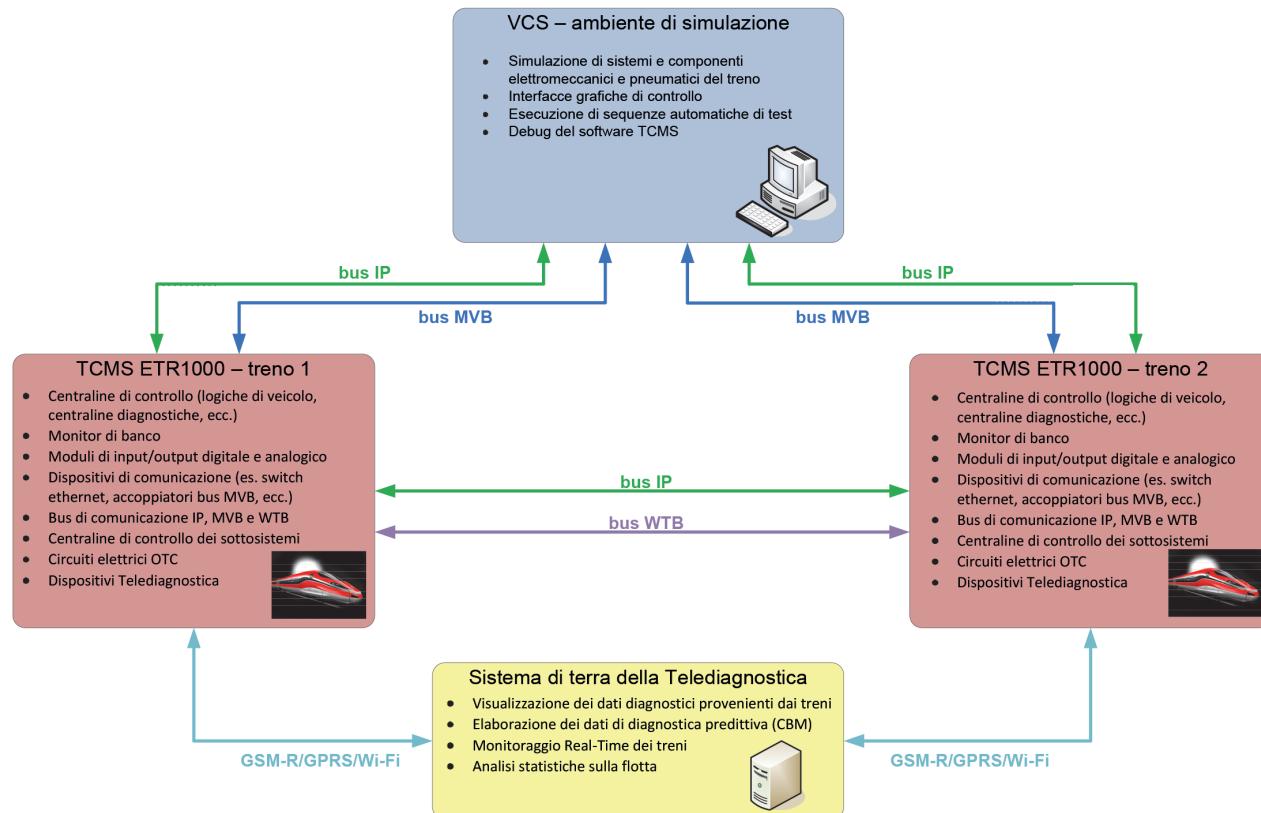


Fig. 13 - Schema di principio del Soft Train.

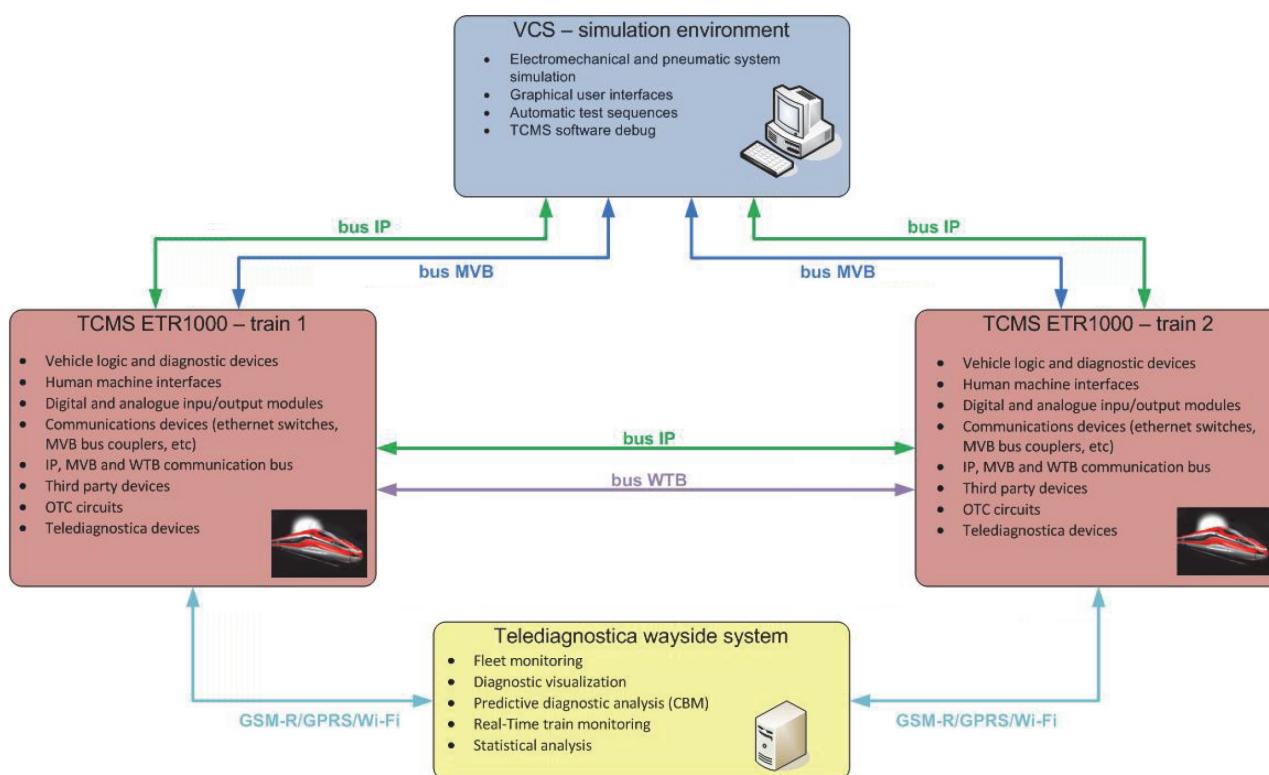


Fig. 13 - Schematic diagram of the Soft Train.



## OSSERVATORIO

- ovvero della comunicazione GSM-R/GPRS/Wi-Fi tra i dispositivi di bordo ed il server di terra della telediagnistica, installato anch'esso presso il Laboratorio dello stabilimento;
- verifica della corretta visualizzazione dei dati diagnostici e della capacità di monitoraggio del treno in Real-Time tramite il sito web della telediagnistica.

### 6. Esecuzione dei test

La disponibilità, sin dalle prime fasi del progetto, di un sistema di simulazione così avanzato e complesso ha permesso di cominciare ad eseguire i test molto tempo prima che il primo treno fosse assemblato, consentendo di raggiungere un ottimo livello di maturità del Sistema di Comando e Controllo una volta entrati nella fase di messa in servizio.

Il Soft Train è stato dunque utilizzato in tutte le fasi del progetto:

- durante la fase preliminare di Design del treno, nella quale il simulatore è stato utilizzato per effettuare verifiche sull'hardware del TCMS e testare le prime implementazioni del relativo software. Inoltre il coinvolgimento dei fornitori ha permesso di validare la comunicazione e l'integrazione tra le centraline Terze Parti ed il TCMS. Il Soft Train, in questa fase, ha inoltre rappresentato un utile strumento di training per il team della Product Introduction, permettendogli di raggiungere la fase di messa in servizio con una migliore conoscenza del treno;
- durante la fase di messa in servizio del treno, con una serie di campagne di prova che hanno visto il Soft Train affiancare e supportare in modo significativo i primi cinque treni. In questa fase sono state eseguite tutte le attività di Vehicle Testing, ovvero di verifica di tutte le funzionalità del treno, di conformità a tutti i requisiti richiesti nel Capitolato di gara e a tutti i requisiti presenti nelle norme e negli standard ferroviari. In questa fase, inoltre, il Soft Train si è dimostrato particolarmente utile per testare e validare le nuove funzionalità man mano aggiunte al software TCMS ed eseguire test di non regressione prima dell'installazione finale a bordo treno. La disponibilità di un simulatore in un ambiente controllato e sicuro ha consentito di riprodurre, analizzare, identificare e risolvere problemi che altrimenti sarebbero sorti in momenti più critici del progetto;
- durante la fase di esercizio commerciale del treno, in cui il Soft Train è tuttora utilizzato per riprodurre ed analizzare in un ambiente sicuro e controllato particolari condizioni verificatesi a bordo treno e supportare la manutenzione, consentendo di simulare particolari guasti o malfunzionamenti.

### 7. Vantaggi e benefici

Ciò che ha spinto Bombardier ad investire in una

R/GPRS/Wi-Fi communication, which is also installed at the Laboratory of the plant;

- verification of the correct display of diagnostic data and real-time fleet monitoring via the remote diagnostics website.

### 6. Test execution

The availability of an advanced and complex simulation system from the first phase of the project allowed to anticipate and start the testing activities before the first train was assembled resulting in the achievement of an excellent level of maturity of the Command and Control System once the commissioning phase had begun.

The Soft Train was therefore used in all phases of the project:

- during the preliminary phase of Design of the train, in which the simulator was used to perform TCMS hardware checks and test the first implementations of the related software. Moreover, the involvement of suppliers allowed validating communication and integration between Third Party control units and the TCMS. The Soft Train, in this phase, also represented a useful training tool for the Product Introduction team, allowing it to reach the commissioning stage with a better knowledge of the train;
- during the commissioning phase of the train, with a series of test campaigns that saw the Soft Train assist and support the first five trains significantly. At this stage all the Vehicle Testing activities were performed, that is checking all the functionalities of the train, compliance with all the requirements in the Tender documents and with all the requirements of the railway regulations and standards. In this phase, furthermore, the Soft Train has proven to be particularly useful for testing and validating the new features gradually added to the TCMS software and for running non-regression testing before final installation on board the train. The availability of a simulator in a controlled, secure environment made it possible to reproduce, analyse, identify and solve problems that otherwise would have arisen in the most critical moments of the project;
- during the commercial operation phase of the train, in which the Soft Train is still used to reproduce and analyse particular conditions occurring on board the train in a safe and controlled environment support maintenance activities, allowing the simulation of specific failures or malfunctions.

### 7. Advantages and benefits

What prompted Bombardier to invest in such an advanced simulation platform is to be able to test the behaviour of the train:



## OSSERVATORIO

piattaforma di simulazione così avanzata è il poter testare il comportamento del treno:

- in un ambiente di Laboratorio sicuro e controllato, che ha consentito di effettuare prove difficilmente eseguibili a bordo treno;
- con largo anticipo rispetto all'assemblaggio del primo treno, così da giungere alla messa in servizio del treno con un sistema molto maturo, affidabile e collaudato;
- con condizioni al contorno note e molto simili a quelle reali, grazie ad un'avanzata piattaforma di simulazione e ad un'architettura hardware praticamente identica a quella del treno reale;
- con una vasta gamma di test (test del software, test di comunicazione hardware, test funzionali, test statici e dinamici, ecc.), che ha reso il simulatore uno strumento versatile e di supporto a diverse attività e team del progetto;
- tramite test ripetibili e riproducibili, grazie a sequenze di test automatiche che hanno permesso di velocizzare ed automatizzare i test di non regressione necessari ad ogni emissione di una nuova versione software del TCMS. Ciò ha permesso, inoltre, di ridurre drasticamente i tempi necessari per l'omologazione e la messa in servizio del treno;
- riducendo le attività a bordo treno, con conseguente risparmio di tempo e costi.

Rispetto ai simulatori realizzati per altri progetti, il Soft Train si distingue per diversi aspetti innovativi:

- la presenza di tutti i reali dispositivi e cablaggi del TCMS presenti a bordo treno, che consente di ampliare la gamma dei test effettuabili (come ad esempio lo spegnimento di un dispositivo, un cablaggio difettoso, una configurazione di un dispositivo errata, ecc.);
- modelli di simulazione dei sistemi dettagliati e completi, che permettono di riprodurre qualsiasi situazione;
- la flessibilità e configurabilità dell'intero sistema, con possibilità spegnere alcune simulazioni ed integrare le reali centraline terze parti, coinvolgendo così i fornitori nei test di comunicazione, integrazione e funzionalità dei loro sistemi;
- la presenza dell'armadio OTC, che ha permesso di effettuare test sulle logiche cablate e simulare guasti a componenti elettrici.

- *in a safe and controlled Laboratory environment, that made it possible to perform tests hardly executable on board the train;*
- *well in advance of the assembly of the first train, so as to arrive at the start of the train commercial service with a very mature, reliable and proven system;*
- *with boundary conditions similar to the real ones, thanks to an advanced simulation platform and hardware architecture practically identical to that of the real train;*
- *with a wide range of tests (software tests, hardware communication tests, functional tests, static and dynamic tests, etc.), which made the simulator a flexible system to support different activities and teams;*
- *through repeatable and reproducible tests, using automatic test sequences that allowed speeding up and automating non-regression tests required at each delivery of a new TCMS software version. This allowed, furthermore, to dramatically reduce the time required for approval and commissioning of the train;*
- *reducing activities on board the train, resulting in time and cost saving.*

*Compared to simulators made for other projects, the Soft Train is distinguished by several innovative aspects:*

- *the presence of all TCMS real devices and wiring on board the train, allowing to expand the range of feasible tests (such as the shutdown of a device, faulty wiring, wrong configuration of a device, etc.);*
- *simulation models of detailed and complete systems, which allow reproducing any situation;*
- *the flexibility and configurability of the system, with the option to turn off some simulations and integrate the real third-party units, thus involving suppliers in the communication, integration and functionality tests of their systems;*
- *the presence of the OTC cabinet that allowed running tests on wired logics and simulating faults in electrical components.*