

## **Archimede, il treno misure di Rete Ferroviaria Italiana**

### **La nuova Frontiera della diagnostica ferroviaria**

Con **Archimede** RFI Rete Ferroviaria Italiana, la società dell'infrastruttura del Gruppo Ferrovie dello Stato, aggiunge alla propria flotta di treni diagnostici un mezzo che rappresenta la più avanzata frontiera tecnologica nel campo della manutenzione.

Due sono i termini con cui vengono definiti i treni come **Archimede**: “treni misure”, perché servono a misurare scientificamente le condizioni dei vari componenti della rete, oppure “treni diagnostici” perché sono in grado di elaborare la diagnosi puntuale dello stato di salute dell'infrastruttura. Per **Archimede** si è scelto il primo, più comune in ambito tecnico.

Questo treno è in grado di effettuare una serie completa di misure integrate tali da fornire tutte le informazioni sullo stato dell'infrastruttura ferroviaria, vista sia nella sua globalità sia nei suoi diversi elementi, tutti correlati fra loro. Al vantaggio di poter concentrare su un unico mezzo la diagnosi di tutti i parametri dell'infrastruttura si devono aggiungere la velocità di esercizio (200 chilometri orari) e la possibilità di funzionamento separato (cioè le singole carrozze possono funzionare come moduli indipendenti).

### **Tre anni di lavoro**

Per definire le specifiche tecniche dei sistemi diagnostici da installare a bordo e i contenuti della gara per l'assegnazione dell'appalto hanno lavorato per circa un anno tecnici e legali di RFI, predisponendo un capitolato di oltre 130 pagine, con decine di tavole, schemi e diagrammi.

Si è aggiudicata la gara europea che assegnava l'incarico della realizzazione del treno la Mer Mec, una società di Monopoli attiva nel settore meccanico ed elettronico. Alla progettazione, sviluppo e test dei sistemi hanno lavorato oltre 50 ingegneri e tecnici specializzati; 40 i

tecnici impiegati nell'installazione e nella taratura delle apparecchiature. La progettazione e lo sviluppo hanno richiesto oltre 100.000 ore.

Per l'allestimento sono occorsi quasi due anni di lavoro e un investimento di circa 10,7 milioni di euro, che sono da aggiungere agli 8,8 di costo del materiale rotabile.

### **I vantaggi operativi**

Poter disporre su un unico treno di diversi sistemi che eseguono tutta la diagnostica mobile dell'infrastruttura e poter fare a meno delle visite periodiche della linea non sono i soli vantaggi assicurati da **Archimede**. Misure finora non effettuate sono possibili per la prima volta, mentre altri rilevamenti finora compiuti episodicamente vengono ora acquisiti con continuità.

Infine, una serie di misure di settori diversi (ad esempio geometria del binario/geometria della linea di contatto, geometria del binario/interazione tra ruota e rotaia) che finora venivano effettuate separatamente, ora vengono correlate.

Non meno importante il vantaggio assicurato dalla velocità di esercizio di **Archimede**: lavorare a 200 chilometri orari invece che ai 160 dei treni diagnostici della generazione precedente significa prima di tutto misurare l'infrastruttura sollecitandola in modo più esasperato.

Maggiore velocità, inoltre, significa maggiore quantità di misure compiute a parità di tempo e minore durata dell'occupazione delle linee. Infine aumentare la frequenza dei controlli sulle direttrici principali si ripercuote positivamente, a cascata, sui cicli di verifica delle altre parti della rete.

### ***La diagnostica "predittiva"***

Le misure rilevate da **Archimede** e il sistema di elaborazione dei dati sono destinati a cambiare radicalmente il modo di programmare ed effettuare gli interventi di mantenimento in efficienza dell'infrastruttura.

La stretta correlazione fra rilevamento diretto e intervento ha come primo risultato il passaggio generalizzato dalla manutenzione ciclica alla manutenzione cosiddetta "on condition" (l'intervento necessario, quando serve, dove serve).

Ma ancora più importante è che il nuovo treno diagnostico permette quella che tecnicamente viene definita la “diagnostica predittiva”, frutto di modelli matematici che interpretano i dati misurati da **Archimede** e simulano la relazione causa/effetto corrispondente al verificarsi di un guasto.

In sostanza, servono a “predire” fra quanto tempo il guasto potrà verificarsi, così da prevenirlo. Questo tipo di diagnostica, quindi, detta l'intervento di manutenzione prima che il guasto si verifichi e indica esattamente il tipo di lavorazione necessaria. Ed è facile capire quali vantaggi questo porti in termini di regolarità della circolazione e di disponibilità dell'infrastruttura.

### **Un primato europeo**

Finora venivano impiegati treni di misure equipaggiati con un numero limitato di sistemi diagnostici e non sempre integrati fra loro.

**Archimede**, invece, non solo misura tutte le componenti dell'armamento ferroviario (rotaie, traversine, massicciata), ma anche la funzionalità della linea di alimentazione e degli apparati tecnologici di sicurezza che controllano la circolazione e che sono disseminati lungo la linea. E tutti i dati misurati sono correlati tra loro.

RFI ha anticipato tutte le altre reti europee nel preparare il progetto di base. Prima società ferroviaria d'Europa, RFI dispone oggi di un mezzo capace di rilevare in ogni istante, a una velocità di 200 chilometri orari, 119 parametri diversi. In tutto il mondo, solo le ferrovie giapponesi possono vantare l'impiego di un treno paragonabile ad **Archimede**, che tuttavia deriva da un progetto più avanzato ed è servito da software di ultimissima generazione.

Ed RFI intende consolidare il proprio primato: infatti ha già previsto di dotarsi di un ulteriore treno misure da destinare alle prossime linee Alta Velocità/Alta Capacità con velocità di esercizio di 300 chilometri orari.

### **Un concentrato di tecnologia**

Le apparecchiature di bordo comprendono 57 calcolatori che consentono la trasmissione di 30 Gbit al secondo, 24 laser, 43 sensori

ottici/telecamere, 47 accelerometri, decine di sensori di forza, velocità, posizione e temperatura e anche una piattaforma inerziale mutuata dalla ricerca in campo avionico. Tutte le schede dei software di bordo sono progettate in modo da essere immuni alle interferenze elettromagnetiche.

L'architettura del treno, basata su sensori di misura disseminati lungo tutto il convoglio e su postazioni per l'elaborazione dati concentrate in due sole carrozze, ha richiesto la progettazione e la realizzazione di un innovativo sistema di cablatura (costituito da un anello di 5 chilometri di cavi in fibra ottica che, utilizzando la tecnologia sincrona Sonet/Sdh, ovvero lo stadio più evoluto dei moderni sistemi di trasmissione dati, trasmette in tempo reale le misure rilevate e le immagini riprese dalle telecamere con un flusso di 2.500 Mbit al secondo).

Il software che gestisce tutti i vari sistemi del treno ha un'estensione equivalente a 2 milioni di righe di codice.

Completano le dotazioni di bordo un impianto di interfono, un sistema telefonico interno e una unità Gsm per il collegamento alla rete cellulare.

Lo straordinario concentrato di tecnologie rappresentato dal nuovo treno diagnostico di RFI è testimoniato anche dai brevetti che proteggono le sue apparecchiature e dalla certificazione di qualità dei sistemi e dei processi (Uni Cei Env 13005) che il costruttore ha ottenuto.

### ***I sistemi di localizzazione***

Installato su due carrozze, ma a servizio di tutto il treno è un altro avanzatissimo sistema di misura, quello dedicato alla localizzazione della progressiva chilometrica e dei punti "singolari" lungo la linea (ponti, scambi, passaggi a livello). Questo sistema è in grado di accoppiare il valore di ogni misura eseguita al punto della rete in cui il rilievo è stato compiuto, con una approssimazione di soli 5 centimetri.

Un requisito prestazionale così severo è stato conseguito combinando ben quattro sistemi:

- la ruota fonica (odometro), il sistema per determinare la distanza percorsa contando i giri di una speciale ruota solidale alla ruota vera e propria (ve ne sono quattro per ogni carrozza);

- il radar, che misura lo spazio sfruttando l'effetto doppler;
- speciali boe (*transponder*) posate lungo la linea ogni 30/40 chilometri, la cui presenza viene captata a bordo da speciali antenne abbinate a catarifrangenti applicati alle rotaie e intercettati da un fascio laser "sparato" dal treno;
- un sistema Gps con correzione differenziale, che determina la posizione geografica incrociando tre diversi gestori satellitari.

### ***I sistemi di difesa***

Per proteggere adeguatamente le apparecchiature di bordo, ogni carrozza è dotata di sistemi antincendio con avvisatori ottici e acustici e rilevatori di fumo, nonché di un sistema anti-intrusione basato su sensori a doppia tecnologia (infrarossi e microonde) capaci di rilevare ogni movimento all'interno. E ancora, sensori anti-rottura applicati ai finestrini, interruttori magnetici sulle porte, tastierini numerici a codice in uso al personale, microfono per il monitoraggio ambientale e unità Gsm collegata alle postazioni di sorveglianza della Polizia ferroviaria.

### **La composizione del treno**

Esteriormente, se non fosse per la livrea con i colori della società e per le scritte di RFI, **Archimede** potrebbe sembrare un treno "normale". Quattro carrozze al centro, una motrice e una "semipilota", cioè una carrozza provvista di cabina di guida con tutti i comandi ma senza motore.

La configurazione caratteristica di **Archimede** ha però una particolarità. La semipilota, dove siedono i macchinisti, è in testa, mentre la motrice è in coda e spinge il treno. La ragione di questa composizione è semplice: i pantografi collegati alla linea elettrica che alimenta i motori della motrice, se fossero in testa al treno, potrebbero disturbare l'opera di rilevamento fatta dai sensori sistemati sulle altre carrozze. In questo modo i pantografi "lavorano" a oltre cento metri di distanza dai sensori che rilevano la geometria statica della linea di contatto. Questa composizione infine permette di impiegare il treno in entrambi i sensi di marcia, aumentandone la funzionalità.

## **La semipilota**

Lo spazio ricavato con l'eliminazione dei motori (che nelle analoghe semipilota destinate al servizio passeggeri è occupato dalle poltrone) ha permesso di dotare **Archimede** di due salottini da otto posti e di una vasta sala multimediale equipaggiata con un grande tavolo e dodici postazioni fisse riservate ai tecnici della manutenzione dell'infrastruttura. Sulle pareti due proiettori "multistandard" irraggiano su due megaschermi lenticolari i dati e i grafici delle misure effettuate, ma anche le immagini riprese dalle varie telecamere. In questo modo i tecnici di bordo possono confrontare il dato strumentale con l'immagine e quindi valutare in tempo reale le informazioni rilevate. A comandare queste apparecchiature è la sala regia allestita nella parte terminale della carrozza.

Oltre a questo, anche la semipilota è dedicata a ospitare le apparecchiature di misura: qui sono installati i sistemi che verificano lo stato degli impianti di sicurezza e dei dispositivi di segnalamento lungo la linea, cioè gli apparati del Blocco automatico a correnti codificate e il sistema di ripetizione dei segnali a bordo.

Infatti la semipilota, così come la motrice in coda, è equipaggiata con il sistema di ripetizione in cabina dei segnali, un dispositivo che avvisa il macchinista nel caso di mancato rispetto di un segnale e che è anche in grado di arrestare il treno.

Una telecamera è montata sul tetto ("imperiale") della cabina di guida, per riprendere la prospettiva del macchinista.

## **La seconda carrozza. Impianti elettrici**

Il secondo elemento del treno è dedicato a misurare gli impianti elettrici di alimentazione della linea. Il sistema è testato per funzionare a velocità fino a oltre 300 chilometri orari grazie al sistema ottico brevettato che non possiede elementi in movimento e che compie oltre 2.000 misure al secondo.

Tra i parametri rilevati la geometria statica della linea elettrica, l'usura e il diametro dei fili (con un margine di errore di un decimo di millimetro). E tutto questo senza il contatto fisico dei sensori con i cavi:

un sistema costituito da laser, specchi speciali e telecamere legge le misure, rileva le eventuali anomalie e ne segnala agli operatori l'esatta posizione lungo la linea con un margine di approssimazione di 5 centimetri.

I due pantografi installati sul tetto consentono di eseguire anche le misure dinamiche, cioè i rilievi dei fenomeni che si verificano con i cavi direttamente sollecitati dalla spinta dell'elemento strisciante (l'interazione dinamica pantografi/linea aerea, la tensione, la temperatura e il cosiddetto rollo strisciante).

I due pantografi appartengono a due diversi modelli di locomotori: questo per poter acquisire misure valide per la maggior parte dei mezzi del parco circolante. Completano la dotazione una serie di speciali telecamere per la video-ispezione della linea di contatto

A bordo di questa carrozza sono installate anche le apparecchiature di misura delle telecomunicazioni. Gsm, Gsm-R, Etacs sono sigle che identificano diversi standard impiegati in questo ambito. Per **Archimede** è stato progettato e sviluppato un sistema di rilevamento esclusivo che misura la copertura della rete telefonica a 200 chilometri orari, una velocità mai raggiunta finora nemmeno su test stradali. Migliorare la qualità delle telecomunicazioni terra/treno significa fornire migliori condizioni di operatività al personale ferroviario.

Ma significa anche migliorare la qualità complessiva del servizio che le ferrovie offrono ai loro clienti: la puntuale mappatura della rete di telefonia cellulare permette di individuare con precisione le zone dove il segnale è meno forte e quindi di indicare alle società telefoniche i punti dove installare antenne e ripetitori.

Completano le dotazioni di questa carrozza il sistema di calcolo della progressiva chilometrica e quattro postazioni informatiche dotate di pc multimediali con schermo al plasma collegati in rete e dedicati all'elaborazione dei dati misurati dal treno.

Questa seconda carrozza ha anche un'altra particolarità: al centro del tetto è stata ricavata una torretta, sopraelevata e vetrata, che consente l'osservazione diretta della linea elettrica, così da aggiungere ai rilevamenti fatti dagli apparecchi anche la visione dal vero affidata all'occhio esperto del tecnico.

### **La terza carrozza. L'armamento**

Il binario rappresenta l'elemento più caratteristico e insieme più delicato dell'infrastruttura ferroviaria. La terza carrozza ospita i dispositivi che misurano non solo tutti i valori della singola rotaia e della coppia di rotaie che formano il binario, ma anche le accelerazioni che si sviluppano sugli assi delle ruote e quelle che si trasmettono alla "cassa", cioè al corpo della carrozza e che influenzano il comfort dei passeggeri.

Il profilo e l'usura della rotaia, e la geometria del binario (cioè l'allineamento sul piano orizzontale e verticale), il rispetto della distanza e del dislivello fra le due rotaie (cioè lo scartamento e la sopraelevazione) sono rilevati da un sistema di sensori laser, corredati anche da un impianto di telecamere che ne permettono contestualmente la videoispezione. Il sensore che misura l'usura della rotaia ha un margine di approssimazione inferiore a un decimo di millimetro.

Le accelerazioni sui carrelli e sulla "cassa" sono misurate da sensori che rilevano rollii e beccheggi nelle diverse condizioni di marcia: in rettilineo e in curva, in accelerazione e in frenata.

Si tratta di misure normalmente utilizzate dalle imprese costruttrici di treni che devono sviluppare i nuovi modelli all'insegna del massimo comfort. RFI, invece, in quanto gestore dell'infrastruttura si occupa di analizzare le cause dell'eventuale scostamento dagli standard di comfort ottimale dovute allo stato del binario e di conseguenza intervenire con la manutenzione.

Tutte queste apparecchiature sono posizionate sui carrelli e sotto il pianale. In queste carrozze, visto che ovviamente i sensori sulle ruote non possono essere collegati mediante cavi agli strumenti, massiccio è l'impiego della telemetria a radio-frequenza.

Dal punto di vista della manutenzione, e quindi della massima sicurezza della circolazione, le misure effettuate su questa carrozza sono di particolare importanza. Gli speciali algoritmi che sono alla base della diagnostica "predittiva" e sono correlati al rilevamento puntuale della progressiva chilometrica sono applicati qui per verificare come le condizioni di stress o di usura di un componente in un determinato

punto della linea tenderanno a evolversi, dettando in anticipo i tempi della manutenzione.

Nella metà anteriore della carrozza sono stati ricavati i locali di servizio destinati agli operatori che lavorano a bordo del treno (cucina e cabine letto con doccia).

### **La quarta e la quinta carrozza**

L'aspetto di queste due carrozze è quello delle normali vetture-bagagliaio. All'esterno, fatta eccezione per un'altra telecamera dedicata alla video-ispezione della linea di contatto e dei pantografi, non ci sono strumenti. All'interno, però, c'è un complemento fondamentale delle apparecchiature di misura installate sul treno: l'Unità diagnostica di Sistema, cioè il sistema di auto-diagnosi che permette di verificare in ogni istante il corretto funzionamento di tutte le tecnologie presenti a bordo.

Al centro della seconda vettura bagagliaio sono stati allestiti anche la postazione del capotreno, l'officina di bordo e il magazzino ricambi.

### **La motrice**

La motrice è un modello E 402 B, pesa 90 tonnellate ed è equipaggiata da 4 motori che sviluppano una potenza di 6 Megawatt, (qualcosa come 8.150 CV), indispensabile per garantire ad **Archimede** una velocità di esercizio di 200 chilometri orari. Il locomotore è del tipo cosiddetto "bitensione", cioè può funzionare sia con l'alimentazione a 3 kV a corrente continua (quella in uso sulla nostra rete) sia con quella a 25 kV a corrente alternata, che verrà impiegata sulle nuove linee della rete Alta Velocità/Alta Capacità.

E' la prima volta, e non solo in Italia, che una locomotiva di serie, dedicata a un treno diagnostico, viene equipaggiata in pianta stabile con strumenti di misura. La ragione di questa scelta progettuale è l'intenzione di rilevare le misure nelle condizioni di massimo stress dell'infrastruttura, quali sono le violente sollecitazioni generate da un locomotore così pesante e lanciato a tale velocità.

Poiché la motrice ha un pantografo sempre "in presa", sul tetto sono installati dei sensori che misurano la geometria dinamica della linea

di contatto, vale a dire l'assetto "disturbato" dal pantografo. Altri sensori misurano le accelerazioni e le forze che si sviluppano tra pantografo e cavo, la tensione, la corrente e gli archi elettrici (quelle scintille che si vedono quando il pantografo si distacca dal cavo e che sono il sintomo di una anomala usura dei componenti).

La E 402 B è la motrice più pesante circolante in Italia, quindi la più aggressiva per l'infrastruttura. Sotto la cassa è stato installato un sensore opto-elettronico che misura lo scartamento sotto carico massimo. Ruote e carrelli a loro volta ospitano sensori e strumenti che misurano la dinamica di marcia: cioè le spinte orizzontali e verticali che le ruote imprimono sulle rotaie, le accelerazioni a cui sono soggetti gli assi delle ruote e quelle che, trasmettendosi all'abitacolo, sono percepite dai macchinisti.

Anche in queste misurazioni, come in quelle delle carrozze impianti elettrici e armamento, l'impiego della telemetria è massiccio: con la differenza che qui vengono compiute in regime di carico massimo. Particolarmente significativo, infine, il confronto tra i valori della geometria della linea di contatto (rilevata dalla seconda carrozza) e quelli della geometria "perturbata" dal pantografo.

Un'altra apparecchiatura, posta al di sotto del muso della motrice, serve a misurare le correnti di binario del Blocco automatico, un parametro importante ai fini della sicurezza e della regolarità della circolazione.

### **L'equipaggio**

A bordo del treno diagnostico lavorano dodici persone: oltre ai due macchinisti e al capotreno c'è un supervisore incaricato del controllo generale delle attività (attraverso l'Unità diagnostica di sistema installata in una delle carrozze bagagliaio) e dei collegamenti con i presidi territoriali della manutenzione che vengono attivati quando viene segnalato un guasto rilevante.

Poi ci sono otto tecnici: uno è addetto al controllo della progressiva chilometrica, uno all'armamento, uno alla dinamica di marcia, uno agli impianti di sicurezza, uno alle telecomunicazioni, due alla linea di alimentazione elettrica, uno in torretta e alla video-ispezione.

Gli operatori a bordo hanno anche il compito di verificare il corretto funzionamento di tutte le apparecchiature e di eseguire l'archiviazione dei dati al termine di ogni giornata di lavoro e di curare le attività di collegamento con il personale a terra.

Complessivamente l'impiego dei dodici addetti all'operatività del treno diagnostico è pari a 17.000 ore/uomo all'anno.

### **Il personale a terra**

E poi c'è il personale a terra. Al collegamento tempestivo tra i tecnici di terra e di bordo è assegnato in primo luogo il compito di gestione di quelli che vengono definiti i "difetti rilevanti". Quando, nel corso della sua ispezione, **Archimede** rileva e segnala una anomalia rilevante, il supervisore che opera sul treno immediatamente invia agli addetti di RFI responsabili del mantenimento in efficienza un fax (via rete Gsm) in cui comunica la natura dell'anomalia (corredata da una fotografia) e il punto in cui è stata rilevata, così che l'intervento di manutenzione possa essere disposto in tempo reale.

Altro collegamento fra treno e personale di terra è quello costituito dalla rete geografica Fire, utilizzata sia da RFI per i suoi compiti sia da Trenitalia per la tele-prenotazione dei biglietti, che ha punti di connessione in tutte le maggiori città.

E' attraverso Fire che avviene il trasferimento dei dati. Per consentire il post-processamento che avviene nella sede di Roma Tuscolana del Centro diagnostico nazionale di RFI, i dati vengono scaricati mediante un collegamento "wireless" prima nella postazione Fire più vicina e poi (durante la notte quando la rete è meno impegnata per le sue funzioni principali) alla destinazione finale. Questa organizzazione consente il post-processamento dei dati nel giorno successivo all'esecuzione delle misure.

### **L'elaborazione dei dati**

La straordinaria quantità dei dati rilevati da **Archimede** (oltre 200.000 Megabite al mese) per essere gestita in maniera tempestiva e funzionale ha bisogno di un sistema talmente complesso da aver avuto bisogno di una lunga fase di messa a punto condotta da RFI e dalla

società costruttrice e da aver comportato la creazione di una struttura organizzativa altamente specializzata.

Al Centro diagnostico nazionale di RFI, a Roma, lavora un team di tecnici con specifiche competenze nei vari settori (armamento, dinamica di marcia, trazione elettrica, impianti di sicurezza, telecomunicazioni) ed elevate capacità in campo informatico.

In primo luogo hanno il compito di validare i dati prodotti a bordo del treno sotto forma di testi, grafici, tabelle, tabulati con i difetti puntuali e le relative immagini. Sulla base di questi dati elaborano gli indici di qualità per ciascun settore.

I tecnici di RFI sono in continuo contatto con gli esperti della Mer Mec, cioè con i realizzatori dei sistemi diagnostici e informatici di **Archimede**, con i quali collaborano all'ottimizzazione e al continuo "upgrading" del sistema di elaborazione dei dati.

La società, nella sua sede di Monopoli, dedica ad **Archimede** altre 14 persone, tra supervisor, informatici, responsabili del processo di generazione dei report, operatori dedicati a seguire i dati elaborati dalle diverse sezioni del treno.

Ancora presso il Centro diagnostico nazionale di Roma viene svolta una funzione che è il vero punto di forza del treno: i report di vario livello (sia quelli elaborati a bordo sia quelli post-processati a terra) vengono immessi nel sistema In.Rete 2000, il sistema informatico di RFI che governa l'intero ciclo della manutenzione della nostra infrastruttura ferroviaria.

Da questo momento i dati sono disponibili per i responsabili compartimentali della pianificazione del mantenimento in efficienza, che sono in grado di programmare gli interventi là dove sono necessari.

I dati, infine, vengono archiviati in un grande data base che è presso il Centro di Roma Tuscolana e costituisce la banca dati nazionale sullo stato dell'infrastruttura ferroviaria.

### **Il campo di intervento**

**Archimede** percorre circa 80.000 chilometri all'anno, a una media di circa 450 chilometri al giorno dal lunedì al venerdì. La sera, al termine di ogni giornata di rilevamenti, il treno viene parcheggiato in

deposito per le pulizie e i rifornimenti. Il fermo tecnico dedicato alla manutenzione del treno e dei sistemi diagnostici è cadenzato con la frequenza di una settimana al mese; l'operatività reale è di 180 giorni/anno.

Il nuovo treno è stato destinato a fare il check up ai circa 10.000 chilometri della rete principale italiana, con una frequenza doppia rispetto a quanto assicurato fino ad oggi dagli altri treni diagnostici della flotta di RFI.

La direttrice Milano-Bologna-Firenze-Roma-Napoli verrà misurata una volta ogni due settimane, la trasversale Torino-Milano-Venezia una volta al mese e tutte le altre principali linee (le direttrici Tirrenica fino a Reggio Calabria e Adriatica fino a Lecce) così come tutte le linee internazionali (verso Ventimiglia, Modane, Sempione, Chiasso, Brennero, Tarvisio, Trieste-Villa Opicina) una volta ogni tre mesi. Naturalmente questa frequenza si intende riferita a entrambi i binari della linea e comprende anche tutti i binari "di corsa" (cioè di transito) delle stazioni.

### **La flotta dei treni diagnostici**

L'entrata in funzione di **Archimede** sui 10.000 chilometri delle direttrici principali avrà conseguenze positive anche sul resto della rete. Tutti gli altri treni diagnostici di RFI, infatti, potranno essere destinati alle altre linee, migliorando la qualità e la frequenza del check up.

La prima generazione dei treni di misure di RFI è contrassegnata dal nome di un grande scienziato col quale ciascuno è stato battezzato, con la sola eccezione di **Aldebaran**. Con **Archimede** si torna alla tradizione.

Il treno misure **Galileo** (in servizio dal 1997) effettua il controllo con ultrasuoni e la video-ispezione digitale delle rotaie. E' costituito da due elementi modello Aln 668, una con funzione di motrice e l'altra attrezzata con le tecnologie di rilevamento. La velocità con cui effettua le misure è di 45 chilometri orari.

Circa 10.000 i chilometri di rotaia analizzati ogni anno. Il treno è dotato di un dispositivo particolare: quando i sensori rilevano un'anomalia, un dispositivo automatico aziona una pompa che spruzza

un getto di vernice in corrispondenza del punto critico, così da facilitare l'intervento degli addetti alla manutenzione.

**Talete**, entrato in servizio nell'attuale configurazione nel 2000, è invece dedicato al rilievo della geometria del binario, delle accelerazioni e dell'usura delle rotaie. Lavora a una velocità di 160 chilometri orari e misura tutti i valori di allineamento e di livello delle rotaie utilizzando laser a triangolazione ottica e giroscopi.

Oltre che alla sicurezza, le misurazioni effettuate da **Talete** sono finalizzate anche al comfort. Le accelerazioni che si propagano al corpo della carrozza (cioè quelle che poi i viaggiatori avvertono sotto forma di vibrazioni), infatti, sono principalmente causate dal rotolamento della ruota sulla rotaia. **Talete** impiega quattro gruppi di accelerometri piezoelettrici biassiali.

Alla diagnostica mobile del binario è dedicato anche **Cartesio** che effettua in più il video controllo analogico delle linee. 120 chilometri orari la velocità di rilievo, il 1996 l'anno di entrata in esercizio nella configurazione attuale. Il sistema di video controllo è costituito da 5 telecamere analogiche a colori, una batteria di registratori Vhs e da monitor che permettono di visualizzare on line le immagini.

**Euclide** somma le caratteristiche dei tre treni appena descritti utilizzando una tecnologia laser ottica ed è particolarmente impiegato per misurare l'usura ondulatoria della rotaia (questa misura è rilevata a 90 chilometri orari).

**Euclide** e **Galileo** sono stati i primi treni equipaggiati con un sistema di video ispezione automatica dell'infrastruttura, che sfrutta la digitalizzazione dei segnali analogici e quindi la possibilità di trasformarli in immagini numeriche. Rotaie, attacchi, traverse e anche la massicciata rientrano nel campo di azione di questi sistemi di video controllo.

Dedicata alla diagnostica mobile degli impianti elettrici è invece **Aldebaran**, una speciale carrozza che per prima ha impiegato la tecnologia laser per misurare tutti i parametri della linea di contatto e dell'interazione tra pantografo e cavi e una serie di valori nell'ambito delle telecomunicazioni.

Completano la flotta dei mezzi diagnostici di RFI una quindicina di "automotori" informatizzati, cioè delle motrici equipaggiate con

speciali attrezzature anche queste dedicate al rilievo della geometria del binario, e una serie di carrellini portatili, destinati alla verifica dei parametri geometrici degli scambi.