

## Tram: facciamo chiarezza

È sorprendente notare come il tram sia l'unico mezzo di trasporto urbano che divide i portatori di interessi e l'opinione pubblica in parti risolutamente contrarie e altrettanto risolutamente favorevoli. Le contrarietà possono dipendere da varie ragioni, spesso superabili, come i pessimi esempi di tranvie antiquate e prive di valida manutenzione, o il timore dei cambiamenti, o la scarsa conoscenza delle moderne tranvie. E, di contro, i fautori del tram talvolta non tengono conto dei suoi limiti e lo vorrebbero anche dove non sarebbe la soluzione appropriata. È dunque opportuno cercare di portare razionalità nel trattare il tema tranviario: conoscere bene pro e contro, rendersi conto che i diversi sistemi di trasporto non sono intercambiabili, poiché ciascuno ha sue potenzialità e le sue controindicazioni. Non si può di conseguenza scegliere a priori l'autobus, il tram o la metropolitana.

Con questo presupposto, vale la pena di ricordare anzitutto che cosa dicono i contrari al tram; sono in genere accuse che non valgono per tranvie moderne, ben fatte e ben gestite.

### Le accuse al tram

- *È un mezzo di trasporto sorpassato.*

È un luogo comune, smentito da numerosissime nuove realizzazioni in tutto il mondo. Oggi solo in Europa ci sono 280 città con reti tranviarie ed è significativo che in 80 casi si tratta di nuove realizzazioni, dal 1984 in poi. In molte città dotate di metropolitane, le tranvie hanno un'estesa e importante funzione integrativa.

Qualche altra informazione sul "rinascimento" tranviario è riportata a pag. 5. Qualche immagine di moderni sistemi tranviari in ambiti urbani di pregio, a pag. 9.

- *Non ha più senso, ci sono gli autobus elettrici.*

Elettrico o no, l'autobus ha un ruolo diverso dal tram. Il tram è un sistema intermedio, che ha il suo campo di impiego tra quello degli autobus/filobus e quello delle metropolitane.

- *Ha costi di esercizio notevolmente maggiori di quelli di autobus e filobus.*

Affermazione non vera, se il costo di esercizio viene riferito non al veicolo ma al passeggero trasportato, grazie alla maggiore capacità del tram.

Il costo di esercizio dipende da molti fattori. Si può indicativamente fare riferimento a un costo di 4 €/km\*vettura per autobus da 12-18 m in buone condizioni di esercizio e a 9 €/km\*vettura per tram da 32-42 m. Tenendo conto della diversa capacità di trasporto, si ricavano allora, per esempio, i seguenti costi riferiti a un kilometro e un posto offerto:

- Autobus 12 m: 0,050 €/km\*posto
- Autobus 18 m: 0,030 €/km\*posto
- Tram 32 m: 0,045 €/km\*posto
- Tram 42 m: 0,033 €/km\*posto

Le differenze sono dunque marginali.

Riguardo ai costi di realizzazione, essi sono indubbiamente più alti nel caso delle tranvie. Ma, se vengono spalmati nel ciclo di vita dell'infrastruttura, aggiungono un piccolo contributo al costo di esercizio.

- *Toglie spazio alla circolazione e alla sosta delle automobili e degli altri veicoli della circolazione ordinaria.*

Va premesso che la riservazione di spazio al trasporto pubblico è comunque una necessità, per avere un servizio efficiente, che attragga utilizzatori, migliorando la ripartizione modale e riducendo così la congestione del traffico. Una corsia riservata al trasporto pubblico ha una capacità di trasporto maggiore di una dedicata al traffico ordinario. Si possono considerare i seguenti casi.

Corsia percorsa da automobili, ipotizzando un flusso medio di un veicolo ogni 4 secondi, già ottimistico, con il carico medio, come normalmente assunto, di 1,3 passeggeri/veicolo.	1170 persone/ora
Corsia riservata, percorsa da autobus da 18 m con cadenza di 3 minuti	2600 persone/ora
Corsia riservata, percorsa da tram da 32 m con cadenza di 3 minuti	4000 persone/ora

- *È rumoroso e genera vibrazioni che possono essere anche pericolose.*

Questo accade purtroppo su varie tratte dell'attuale rete tranviaria di Roma e suscita comprensibili rimostranze dei cittadini, in particolare per il fastidiosissimo stridio nelle curve. Ma dipende dalla carente manutenzione e dalla mancata adozione di moderne tecnologie. I livelli di rumore e vibrazioni causati da un tram moderno, che circola su una linea ben costruita e ben mantenuta, sono inferiori a quelli del traffico ordinario. Infatti il rotolamento delle ruote di acciaio sulla superficie liscia delle rotaie genera molto meno rumore di quello degli pneumatici sull'asfalto o, peggio, sulle pavimentazioni lapidee. Le vibrazioni sono invece annullate dall'uso, per l'armamento, di tecniche con vari stadi di smorzamento elastico (negli attacchi delle rotaie, con la fasciatura elastica delle rotaie stesse, con l'adozione di soluzioni "massa-molla" (costituite da materassini elastici sotto le platee della sovrastruttura).

Un approfondimento sulla problematica del rumore è riportato a pag. 7.

- *Crea rischi per pedoni e ciclisti.*

I rischi non sono maggiori di quelli degli altri mezzi di superficie, se i luoghi di interferenza sono ben progettati, ovvero se gli attraversamenti pedonali e ciclabili dei binari sono correttamente definiti e regolati, se si evita il transito longitudinale dei ciclisti nella sede tranviaria e se si usano idonee protezioni o si riduce la velocità, dove vi è prossimità dei percorsi pedonali a un binario.

- *L'impatto visuale della linea aerea e dei veicoli genera danno paesaggistico.*

Non si ravvisa un effetto negativo del transito dei tram in zone di pregio; e l'effetto di un tram che passa ogni 4 minuti è comunque minore di quello di un autobus che passa ogni 2 minuti, per offrire la stessa capacità. Riguardo alla linea aerea, si possono adottare soluzioni leggere con modesto impatto visuale e comunque, in aree monumentali di particolare importanza, eliminarla e ricorrere all'alimentazione da batteria.

- *Nelle strade percorse allontana la clientela dei negozi e riduce il valore delle case.*

È proprio il contrario. Superato il periodo del cantiere, per il quale è comunque buona prassi erogare indennizzi agli operatori penalizzati, l'esperienza mostra che le attività commerciali traggono vantaggio dalla realizzazione della tranvia. E gli immobili aumentano il valore; a Firenze, per esempio, vi sono stati incrementi del 10% lungo le linee ora esistenti, mentre è recente la notizia di un aumento della domanda di alloggi lungo quelle di prossima costruzione.

Vediamo ora, invece, quali sono i principali vantaggi del tram.

### **Perché il tram**

- *Grande capacità di trasporto.*

Una tranvia ha una capacità di trasporto che nei tipici tessuti urbani delle nostre città può raggiungere le 5.000 persone/ora per direzione, ma, in casi particolari, può arrivare a 10.000 persone/ora per direzione. Sono livelli irraggiungibili con gli autobus e i filobus, perché, con una domanda superiore a 2.500 persone/ora per direzione, richiederebbero frequenze troppo spinte con i conseguenti inconvenienti.

Dunque, anche prescindendo da altri vantaggi, il tram è la soluzione obbligata a partire da una domanda di trasporto, nelle ore di punta, di circa 2.500 persone/ora per direzione, fin quasi a raggiungere i livelli di domanda che giustificano una metropolitana leggera.

- *Ottima accessibilità.*

La guida vincolata alle rotaie e la ridotta escursione delle sospensioni permettono di realizzare un vero incarrozzamento a raso, con minimi dislivelli e distanze tra la banchina di fermata e la soglia del tram, senza bisogno di pedane. È un vantaggio essenziale per le persone a mobilità ridotta, ma è comodo per tutti e riduce il tempo di imbarco e sbarco.

- *Assenza di inquinamento*

La trazione elettrica non genera emissioni inquinanti. È questo un vantaggio condiviso dai filobus e dagli autobus elettrici. Questi ultimi pongono problemi per la gestione e lo smaltimento delle batterie. Inoltre, il tram non genera il particolato prodotto dall'attrito da pneumatici e pavimentazione stradale. E va ricordato che l'inquinamento lo pagano tutti, in forma di costi sanitari.

- *Migliore rendimento energetico*

La superficie regolare della rotaia e il contatto metallico ruota/rotaia riducono la potenza necessaria, a parità di prestazione (è questa una ragione per cui fu concepito il tram, ancora valida anche se la pavimentazione delle strade è molto migliorata). E anche l'alimentazione da linea aerea favorisce il rendimento energetico, rispetto a quella a batteria.

- *Ridotto ingombro trasversale*

Grazie alla guida delle rotaie il tram segue un tracciato preciso, senza spostamenti trasversali. Una sede tranviaria a doppio binario riservata può avere quindi una larghezza significativamente ridotta rispetto a due corsie stradali ordinarie idonee al transito degli autobus (meno di 6 metri contro 7 metri). Vantaggiosa è anche la ridotta misura della fascia di ingombro nelle curve, in particolare quando in confronto a altri veicoli lunghi.

- *Versatilità*

Una linea tranviaria può assumere aspetti diversi: tranvia ordinaria, metrotranvia (cioè linea veloce protetta e favorita anche da limitati interventi infrastrutturali, come i sottovia), tram-treno. E aspetti diversi possono coesistere in una stessa linea, includendo anche brevi tratte percorse in sicurezza, a bassa velocità, in aree pedonali: si coniugano così ottime prestazioni della linea con un'agevole accessibilità dei centri storici.

- *Regolarità del servizio*

Corsie riservate e priorità semaforica possono certamente essere attuate anche per linee di autobus e filobus, ma la priorità semaforica funziona meglio se gli intervalli tra i passaggi non sono troppo brevi. E i tram, a parità di capacità della linea, possono avere intervalli maggiori di quelli degli autobus. Ne guadagna anche il traffico ordinario in conflitto con la direttrice del mezzo pubblico, meno penalizzato grazie alla minore frequenza delle richieste di priorità.

- *Comfort di viaggio*

Le accelerazioni verticali e trasversali sono molto più basse di quelle che si hanno nei mezzi su gomma. Questo rende il viaggio in tram molto più confortevole.

- *Attrattività*

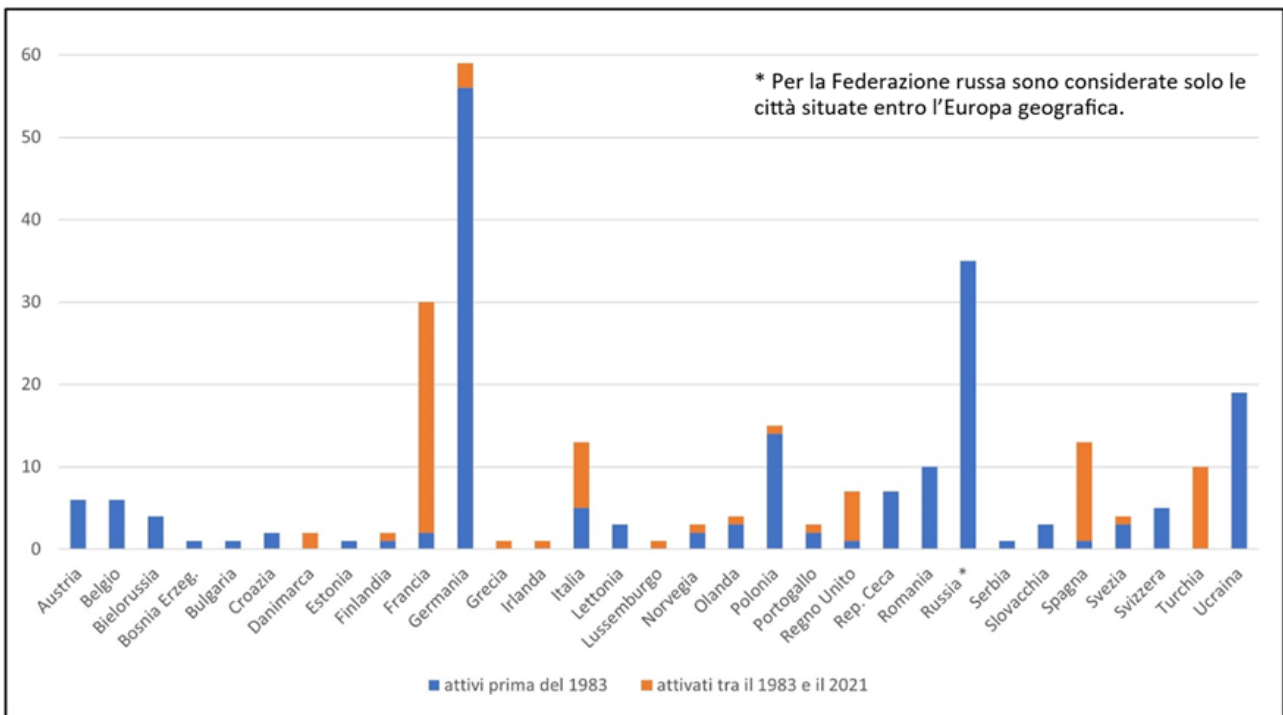
Il tram moderno attrae le persone al trasporto pubblico più di altri mezzi, al di là dei benefici concretamente offerti. È stato verificato sperimentalmente e **vi** concorrono più ragioni, anche di natura psicologica: la percezione di un "sistema", il senso del nuovo, l'immersione nell'ambiente urbano offerta dalle ampie finestrate.

### **Tram sì, allora (quando è il caso)**

Dunque, evitiamo di pensare che il tram moderno sia la stessa cosa dei veicoli sferraglianti di una volta, che pervadevano le città circolando su linee costruite con tecniche ormai obsolete e magari anche prive di adeguata manutenzione. Ma evitiamo anche di pensare che sia sempre la soluzione da adottare. Oggi il tram è un'importante risorsa per la mobilità urbana quando può esercitare il suo ruolo peculiare di sistema intermedio: nelle grandi città integrando efficacemente la rete delle metropolitane e collocandosi tra le metropolitane stesse e la rete degli autobus o filobus; nelle città medie come sistema principale.

Affinché le realizzazioni abbiano successo (come ad esempio a Firenze - per rimanere in Italia - dove il tram ha prodotto un eccezionale afflusso di nuova utenza al trasporto pubblico) occorre naturalmente che gli studi di fattibilità e le progettazioni siano condotti con rigore. A livello di fattibilità, non basta curare gli aspetti trasportistici, come l'analisi della domanda assegnabile a una nuova linea, ma occorre un solido approccio multidisciplinare, con il quale valutare tutti i vincoli e tutte le opportunità della realizzazione. Ed è molto importante una visione di ampio respiro: non sovrapporre semplicemente il tracciato tranviario all'esistente, ma cogliere l'occasione per concepire riqualificazioni urbane, creazioni di nuovi spazi pubblici, innovative visioni generali della mobilità veicolare e pedonale.

## Perché non si può dire che il tram sia un mezzo di trasporto sorpassato



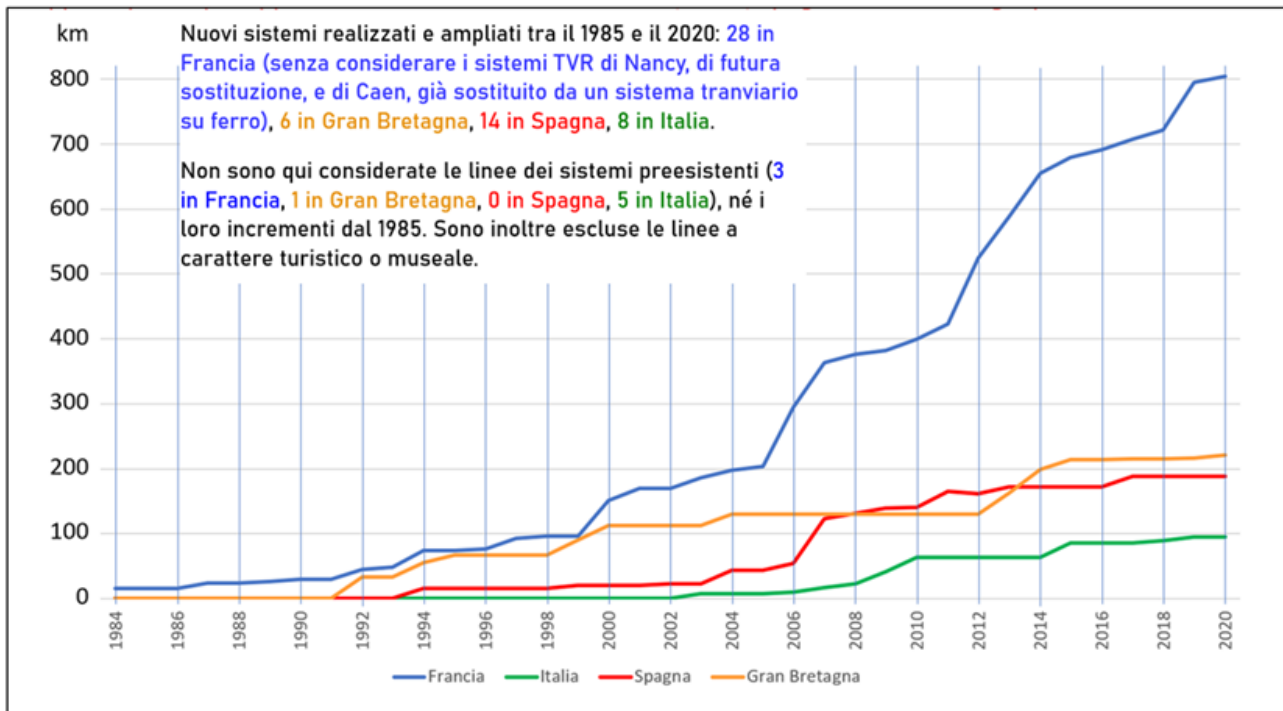
### NUMERO DI SISTEMI TRANVIARI NEI PAESI EUROPEI

In questo istogramma, aggiornato a fine 2021, è mostrato il numero di sistemi tranviari esistenti nei paesi europei ed è messo in evidenza (parti arancione dell'istogramma) quanti di essi siano stati realizzati ex-novo dopo il 1983; non sono quindi sopravvivenze del passato, bensì testimonianza del rinascimento tranviario, che fu generato sia dalla ritrovata consapevolezza della necessità di un valido trasporto pubblico, sia dall'evoluzione tecnologica.

È interessante notare che i più forti sviluppi si sono avuti proprio nei paesi che avevano decimato le vecchie reti tranviarie.

In Francia, dove erano sopravvissute sole tre reti tranviarie, ben 28 città grandi e piccole hanno realizzato nuovi sistemi, dal 1985 ad oggi. Parigi, forte di 14 linee di metropolitana e del Réseau Express Régional, si è dotata di 10 linee tranviarie e 3 di tram-treno; altre ne ha in costruzione o in programma. Marsiglia (seconda città francese per abitanti), con due linee di metropolitana, ha realizzato 3 linee tranviarie. Lione (terza città), con quattro linee di metropolitana, ha realizzato finora 7 linee tranviarie più una di tram-treno per il collegamento con l'aeroporto.

Anche in altri paesi europei dove il tram era quasi scomparso, c'è stato un notevole sviluppo: 14 nuovi sistemi in Spagna, 6 in Gran Bretagna. In Italia, dove erano rimaste attive quattro reti (Torino, Milano, Roma e Napoli), più la particolare linea suburbana di Trieste, tra il 2003 e il 2015 otto città sono tornate ad avere il tram: Messina, Sassari, Padova, Cagliari, Bergamo, Firenze, Venezia e Palermo. Però, se guardiamo alla lunghezza globale delle linee dei nuovi sistemi, si è fatto meno non solo dell'irraggiungibile Francia ma anche della Spagna e della Gran Bretagna, come mostra il seguente diagramma, aggiornato al 2020.



### SVILUPPO DI NUOVI SISTEMI TRANVIARI IN 4 PAESI EUROPEI

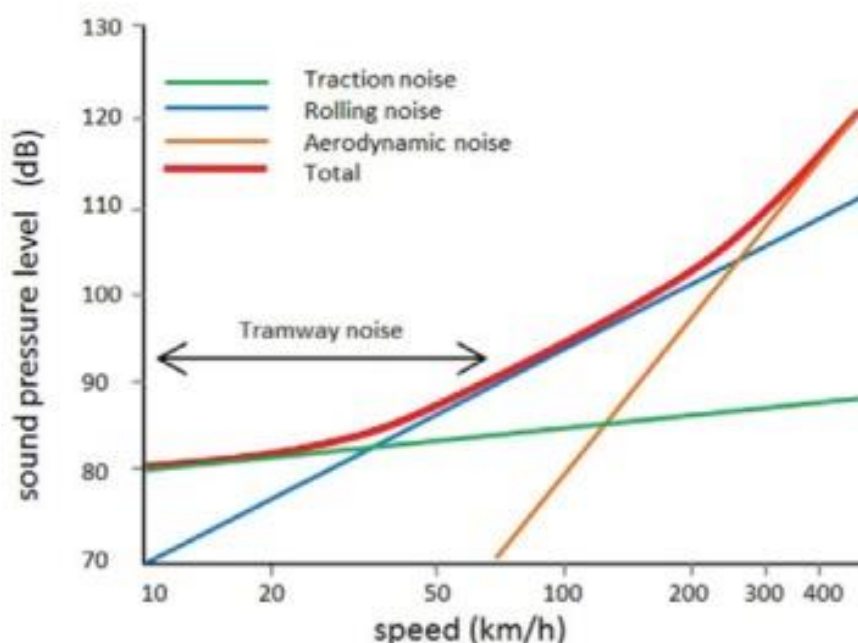
Ma non si sta fermi: Padova, Bergamo, Firenze e Palermo stanno realizzando nuove linee, mentre a Bologna sono stati avviati i lavori della prima linea, una diametrale di 15 km che attraverserà il centro storico ed è in avanzato stato di progettazione la seconda. Anche a Brescia è prossima la realizzazione di una linea tranviaria, che andrà ad integrare l'esistente metropolitana automatica. E in tutte le 4 città delle "vecchie" reti sono state avviate le procedure per nuove linee o per il prolungamento di linee esistenti.

## Il rumore dei tram

Il rumore generato da qualsiasi veicolo terrestre è sostanzialmente dovuto al combinarsi di tre componenti:

- Rumore degli apparati di bordo, che in genere è dominante fino a velocità dell'ordine di 20 km/h
- Rumore dovuto al rotolamento delle ruote sulla via, che diviene dominante a velocità superiori a 20 km/h
- Rumore aerodinamico, causato dal flusso dell'aria sulla superficie esterna del veicolo, che diviene dominante a velocità molto elevate, dai 200 km/h.

Nel caso delle tranvie urbane, con velocità limitata a 50 km/h, vanno ovviamente prese in considerazione solo le prime due componenti (vedi figura).



### Rumore degli apparati di bordo

In un tram moderno non sono presenti compressori di significativa potenza e la frenatura è elettrodinamica, quindi priva del rumore, più o meno forte, generato dallo sfregamento di una frenatura meccanica. Restano quindi da considerare il motore, elettrico e quindi certamente più silenzioso di un motore termico, e l'organo di trasmissione del moto, costituito da un solo riduttore, che è un elemento compatto, a bassa rumorosità.

Per quanto riguarda gli apparati di bordo, il tram è dunque certamente meno rumoroso di tutti gli altri veicoli che circolano correntemente nelle strade.

### Rumore di rotolamento

Il rumore generato dal rotolamento dipende principalmente dalle caratteristiche delle due superfici che vengono a contatto, quella della ruota e quella della via su cui insiste la ruota. I mezzi su rotaia sono di principio quelli atti a generare i più bassi livelli di rumore, perché sia il cerchione della ruota



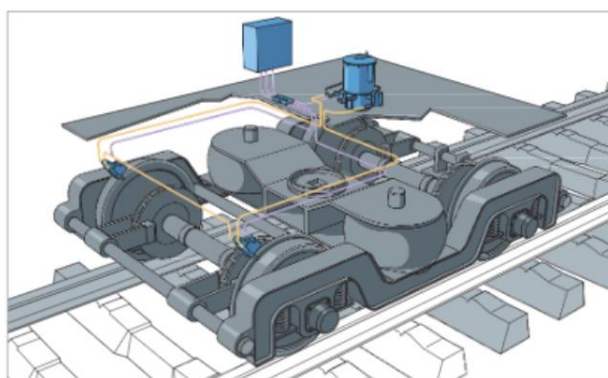
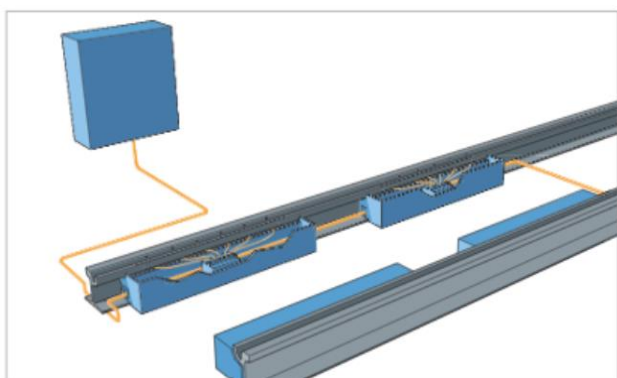
sia la rotaia hanno superfici assolutamente lisce. Il contatto è quindi continuo, non vi sono attacchi e distacchi, sia pure di minima misura, che generano rumore.

È però necessario che sia le ruote del tram sia le rotaie siano oggetto di corretta manutenzione. Infatti una ruota può presentare una sfaccettatura (p.es. a seguito di una frenata di emergenza) ed allora genererà ad ogni giro un battito oppure la rotaia può divenire rugosa o “marezzata” ed allora si avranno micro-distacchi e micro-attacchi tra le due superfici, e di conseguenza un rumore che tuttavia avrà livelli inferiori a quelli generati da uno pneumatico sull’asfalto.

Anche il rumore da rotolamento di un tram è inferiore a quello di altri veicoli, purché si tengano sempre in buone condizioni tutte le ruote e si eviti il degrado della superficie delle rotaie, ricorrendo anche alla molatura quando necessario.

Vi è però un rumore particolare, che è lo stridio (“squealing”) generato nelle curve, in particolare di piccolo raggio, a causa dei microslittamenti tra ruota e rotaia. Questo rumore, che si differenzia per essere acuto e tonale (mentre il rumore da rotolamento si distribuisce nello spettro delle frequenze). È particolarmente fastidioso e si ritiene che possa anche essere nocivo per il benessere, in caso di continua esposizione.

Lo stridio può però essere efficacemente combattuto, utilizzando fluidi correttori dell’attrito che vengono applicati sia alla zona di contatto tra il cerchione della ruota e la superficie superiore della rotaia sia a quella tra il bordino della ruota e il fianco della rotaia. Questi fluidi, da non confondere con i comuni grassi lubrificanti, diminuiscono l’attrito tra le due parti a contatto senza pregiudicare il livello di aderenza necessario per le accelerazioni e le frenature. I dispositivi che applicano il fluido correttore possono essere installati sia a terra, sia a bordo del tram. Nel primo caso vengono ubicati prima di una curva a rischio di stridio e, attraverso una serie di fori sulla rotaia, fanno emergere piccole quantità di fluido all’arrivo di un tram o periodicamente; nell’altro caso il fluido è eiettato da ugelli montati sui carrelli del tram, all’imbocco della curva a rischio. In ambedue i casi è la ruota a trasportare il fluido su tutta l’estensione della curva. Le applicazioni sono molto diffuse e confermano l’efficacia della soluzione.



I due modi di realizzare la correzione dell’attrito tra ruota e rotaia: installazione fissa sul binario e mobile sul carrello del tram (figure tratte da un opuscolo di SKF, uno dei produttori di apparati di correzione di attrito)

## Qualche immagine di moderni sistemi tranviari





### Strasburgo

La prima “nuova” tranvia francese è stata realizzata a Nantes nel 1985, ma la rete di Strasburgo è famosa sia perché la scelta tranviaria fu oggetto di un forte dibattito politico sul tema “metro o tram?”, sia per la qualità della rete (oggi composta di 6 linee, una delle quali sconfinava in Germania). Nella foto, ripresa il giorno

dell’inaugurazione della prima linea (1994), Rue des Francs-Bourgeois, nel centro storico; le persone si muovono tranquillamente attorno ai tram, in una strada con drastica limitazione di altre forme di traffico.



### Bordeaux

Bordeaux ha realizzato la prima linea tranviaria nel 2003; oggi si compone di 4 linee ed è ancora in crescita; è caratterizzata da lunghe tratte senza linea aerea, con alimentazione a terra.

Nella foto, ripresa da Rue Vital Carles, vediamo un lungo tram lasciare una strada del centro non molto larga, disciplinata a traffico limitato, e poi passare davanti alla Cattedrale, riconosciuta come monumento storico.

### Siviglia

Ancora un esempio di tranvia in una strada monumentale. È l'Avenida de la Constitución, dove si trova la famosa Cattedrale, la più grande della Spagna. Il tratto lungo la Cattedrale è a binari compenetrati, privo di linea aerea; l'alimentazione avviene mediante accumulo a bordo e ricarica ai capolinea.

Siviglia ha per ora una sola linea tranviaria, aperta nel 2007.

## Firenze

La prima linea di Firenze fu aperta nel 2010 e prolungata nel 2018; la seconda è stata aperta nel 2019. Il successo ha confermato il piano di estensione, che vede ora in corso i lavori di un prolungamento nel centro storico e di prossimo avviamento quelli di tre nuove linee.

Nella foto il capolinea attuale della T2, in Piazza Unità Italiana, nei pressi della stazione di Santa Maria Novella e al margine del centro storico.



Redatto 25/10/2023 a cura :

Ing. Giovanni Mantovani Ing. Vittorio Sebastiani