

Viaggio CIFI in America Occidentale: spunto e riflessioni per ripassare in tre settimane la storia dei sistemi di trasporto urbani e... non solo (Parte I)

(Dott. Ing. Massimo MONTEBELLO)

Scioperi e vulcani permettendo, siamo al 13 maggio del 2010 e incombe la nube dell'eruzione del vulcano sotto il ghiacciaio Eyjafjallajökull, nel sud dell'Islanda, per raggiungere Phoenix da Londra, tiriamo un grosso sospiro di sollievo quando compare, in partenza dall'aeroporto di Heathrow, il numero del gate e veniamo accolti nel grembo di un maestoso Jumbo 747. Di questo aereo avremo il piacere di vedere a Seattle il prototipo del 1970 (non sembra ma volano già da 40 anni) data l'opportunità, in questo viaggio, di potere fare un sopralluogo al museo del volo, vanto della Boeing. Ebbene non so cosa succeda agli altri, ma quando in procinto di un volo trans-oceanico prima si intravedono e poi, sotto le ali, ci sovrastano i 4 motori del 747 (da oltre 20 megawatt di picco ciascuno), l'ingegnere che è in me prova una sensazione piacevole. Non si domanda se, messe da parte le analisi determino-probabilistiche, questa emozione gli possa derivare dal fatto che 4 motori sono più di 3 e il doppio...di 2 recentemente usati per effettuare transvolate altrettanto impegnative. E poi il 747 dispone di 20 megawatt/motore, quasi 6-7000 utenze domestiche (3 kW), le stesse che nel 2007 hanno spinto il TGV sperimentale al record di 574,8 km/h...e qui dobbiamo moltiplicare per 4.

Anche la "Queen Mary" (vedremo pure quella nel porto di Los Angeles) aveva 4 turbine a vapore con circa 40000 cavalli ciascuna per spingere 81000 t di dislocamento e muoversi in 4 giorni e 27 minuti sui 5834 km (Nastro Azzurro-1936) tra Europa e America orientale.

Oggi la potenza e l'autonomia che abbiamo a disposizione ci permetto-



Fig. 1 - Stile dei viadotti in zona desertica.

no di arrivare in Arizona, alzando a circa 12.000 m ben 400 t per percorrere 9000 km in una decina di ore: siamo rasserenati e possiamo cominciare il nostro lungo viaggio.

Ad accoglierci all'arrivo, oltre le barriere di sicurezza, (ove lasciamo le impronte di tutte le dita delle mani e la foto di dettaglio del volto) ci sono: la nostra prima guida, l'italo americano GABRIEL, ed un potente bus. Questo è senza targa – perché appena ritirato dal concessionario – ma dotato di aria condizionata e bottigliette d'acqua minerale per potere andare raminghi "on the road" attraverso Arizona, Utah, Nevada e California.

Aria e acqua fresche sono indispensabili quando ci si imbatte subito col colore "rosso deserto" degli elegantissi-



Fig. 3 - Sedona: the Bell Rock.

mi viadotti di Phoenix (fig. 1) e soprattutto quando si intravedono lungo la strada i cactus (fig. 2) che pensavamo fossero disegnati solo nei fumetti dei Cow-Boy. Leggendo le gesta di questi ultimi avevamo imparato che, per attraversare i deserti dell'Arizona, serviva indispensabile, come la borraccia d'acqua, un cavallo. Noi di cavalli ne abbiamo quasi 500 (naturalmente tutti



Fig. 2 - Cactus "Saguaro" giganti.

nel motore del bus) ed anche questa volta grazie alla Ingegneria Meccanica possiamo, con sufficienza, dedicarci a vivere una cospicua serie di emozioni.

Come si fa a non pensare alla diligenza attaccata dagli indiani Navajo mentre si attraversa la città di Sedona (fig. 3) o la Monument Valley e come si fa a separare il colore rosso della Monument Valley dallo stesso colore rosso dei Canyon apparentemente infiniti e/o le sfumature incredibili nello strettissimo passaggio dell'Antelope Canyon? (fig. 4).



Fig. 4 - Antelope Canyon.

E come si fa a proposito di Brize Canyon a non pensare alle folli corse di Wile Coyote e il velocissimo Road Runner “Beep-Beep” tra i picchi o meglio pinnacoli coi sassi in testa che da un momento all’altro sembrano venire giù? E che dire del passaggio dalla sensazione di infinito e silenzio dell’incredibile Grand Canyon (fig. 5) al traffico caotico di Los Angeles visto dal People Mover detto “Sci-Fi Tram – ossia Tram da Fantascienza” (cfr. dopo) che ci porta al Paul Getty Museum dove possiamo vedere, addirittura, disegni di Leonardo.



Fig. 5 - Il Gran Canyon.

E come non essere sensibili al romanticismo di una San Francisco in grado di offrire la sintesi della storia stessa del trasporto urbano dal primo tram senza cavalli – quel Cable-car mosso da lontano da una Centrale a vapore per la delocalizzazione dell’energia, prima ancora dell’avvento della trazione elettrica – alla sua attuale rete tranviaria-museo-vivente organizzata con Tram provenienti da tutto il mondo (Milano compreso). E che dire sempre a San Francisco del BART (Bay Area Rapid Transit): prima metro ferroviaria automatica già negli anni ’70 (sotto il mare della baia) con scartamento di 1676 mm, misura inglese di 5 piedi e 6 pollici usata già in India, Bangladesh, Iran, Pakistan, Sri Lanka, Regno Unito (Arbroath & Forfar), ma anche in USA per la Missouri Pacific ed in Cile ed Argentina.

E poi che dire quando, dopo la baia di San Francisco incoronata dal favoloso Golden Gate, dello stesso colore rosso che ben conosciamo, ci riempiamo gli occhi delle altre incantevoli baie su cui sono sdraiate Seattle, nello stato di Washington e infine

la canadese Vancouver. In questo viaggio abbiamo quasi esagerato nel godere di tanta natura e tanta tecnologia in un breve lasso di tempo.



Fig. 6 - Calico: treno e Harley-Davidson.

E noi, oltre essere uomini “sensibili”, noi del CIFI, siamo pure.... citando Torò... “caporali” – ingegneri e ci piace, in funzione di quanto visto, ripercorrere la storia della Ingegneria dei Trasporti, con qualche dettaglio certamente in più sui sistemi urbani. Forse proprio perché abbiamo visto il tram di San Francisco o i suoi eredi Cable-Car APM (Automated People Mover) e il nuovo LRV di Seattle che si riconquista il preesistente tunnel sotterraneo sotto il centro storico in promiscuo coi Bus o la Canada line, ultima metro automatica per i giochi olimpici, appena terminati, di Vancouver, eppure un po’ meno avanzata delle due linee che l’hanno preceduta. Ci piace, dunque, evidenziare l’impegno del CIFI anche nel trasporto urbano, con la organizzazione biennale (con AIIT e ASTRA, sotto l’egida del Ministero dei Trasporti) del convegno nazionale sul mondo del “Sistema Tram”; quest’anno alla IV edizione.

Insomma passare per Las Vegas con due tipi di monorotaie e un sistema di Bus a guida ottica (apparentemente non in funzione a meno che non segua le stesse placche che in USA delimitano le corsie) o perdersi nel traffico di Los Angeles o incontrare esercenti dei trasporti di San Francisco, Seattle e Vancouver sono il pretesto, stante quanto avvenuto in tali città – e quanto visto anche nella cosiddetta “città fantasma” di Calico (figg. 6 e 7) – per ripercorrere la evoluzione dei sistemi di trasporto: su

rotaia (rail-way) e non solo, perché incontrare in autostrada in USA un autotreno di 3 pezzi (fig. 8) è in ogni caso una esperienza che non t’aspetti.



Fig. 7 - Vagoncino miniere di Calico.

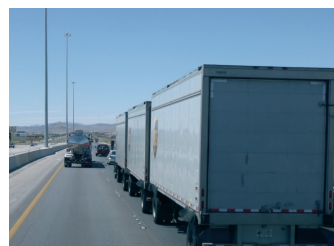


Fig. 8 - Autotreno di 3 pezzi.

1. Brevi cenni sulla evoluzione dei Sistemi di Trasporto

La evoluzione della infrastruttura viaria detta Rail-way (in riferimento alle assi inizialmente solo poggiate sulla via per permettere alle ruote l’avanzamento anche lì ove le condizioni del terreno fossero le più difficili per il rotolamento) è conseguente alla necessità di spostare la maggiore quantità di massa, contenendo gli ingombri, riducendo peraltro il diametro ed anche la sezione delle ruote. E questo era l’obiettivo da realizzarsi con la Waggon-way la cui prima traccia scritta – del sig. Huntigdon BEAUMONT – risale al 1604.

Le ruote di fig. 9 (notare il grande diametro e la doppia orditura delle razze di legno) e di fig. 10 (interamente in metallo) sono state fotografate nella cittadella mineraria di Calico oggi “Paese Fantasma”, un po’ par-

co divertimento, ma con veri reperti della Ingegneria dei Trasporti, con carri, carrozze e carrelli d'epoca (fig. 11) a scartamento ridotto di 30 pollici nonché il "remake" di un trenino con finta "vaporiera" dotata di vero motore diesel (fig. 12).



Fig. 9 - Ruote di grande diametro.



Fig. 11 - Autentici carrelli d'epoca.

Dunque, riprendendo l'evoluzione, se già i romani stendevano tavole sul terreno per muovere le pesanti ed ingombranti macchine da guerra, successivamente, si pensarono altri espedienti e materiali appositi per la guida e non solo per la resistenza all'avanzamento. Si inventarono finalmente le rotaie a L, ossia con un bordo verticale per guidare le ruote dei carri e consentendo ad un solo cavallo di trainarne più d'uno.

Infine, il colpo di genio di George STEPHENSON col ribaltamento del vincolo, nel contatto ruota-rotaia, ponendo il "dispositivo" di guida sulle ruote flangiate. Si è passati dunque dalle Waggon-way alle Gang-way e alle Iron-way. Prima solo tutto legno, poi ruote e rotaie di legno rivestito di metallo, e quindi tutto di ferro: le rotaie a L, la macchina a vapore le rotaie e le ruote con bordino per i migliori rotolamento e vincolo guida.

Cronologicamente nel 1804, Richard TREVITICH, fu il primo ad usare una "locomobile" con aderenza naturale e trazione a vapore per trainare carri agganciati e vincolati nella guida. Egli può quindi essere considerato l'inventore del "Train": il treno. Nel



Fig. 10 - Ruote interamente di metallo.



Fig. 12 - Remake-Engine & Real-Engineer.

Galles meridionale trainò per 9 miglia, dalla fonderia di Pen-y-darren a Merthyr-Cardiff Canal, veicoli per un totale di 25 t, ma sfasciava continuamente, a causa del peso, i segmenti del binario a L.

Le esperienze di TREVITICH sono state preziose per George STEPHENSON nel migliorare preventivamente (a parte e mirabilmente poi la macchina e la trazione a vapore) le rotaie. Nel 1814 egli spostò il bordino verticale della L sulle ruote dei carri e rovesciando appoggio e vincolo del disegno preesistente sfruttò quindi al meglio il nocciolo d'inerzia che derivava dalla cosiddetta "pancia di pesce" (fig. 13) e rende affidabile il sistema.

STEPHENSON giustamente si affermò e con lui la "Rail-Way" divulgando, con i fatti, le migliori intuizioni "ferroviarie": la macchina a vapo-

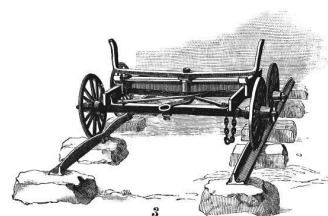


Fig. 13 - Rotaie a L ed a pancia di pesce.

re, l'accoppiamento degli assi per la trazione (integrale) oltre le ruote flangiate rendendo peraltro più facili, i deviatori. E quanto sia importante avere la guida, ma anche un deviatore "facile e semplice" (fig. 14), si vedrà a proposito di difficoltà di sviluppo dei sistemi mono-travi dette, comunemente, "monorotaie".



Fig. 14 - Esempio di deviatore elementare.

E il trasporto urbano? La storia ci dice che, a parte i ricchi a cavallo o col calesse – e/o buoi e somari – camminare era l'unica forma di mobilità praticata nelle città fino a inizio degli anni 1820. A Nantes, esattamente nel 1823, il trasporto col cavallo cessò di essere un privilegio dei facoltosi, grazie a quella carrozza per passeggeri dell'imprenditore signor Stanislas BAUDRY che faceva capolinea davanti alla bottega di emporio e cappellaio del signor OMNES il cui motto era "Omnes Omnibus".

La carrozza era stata adattata e pensata per portare gente dalla città al "nuovo" stabilimento termale con acque riscaldate – non a caso – con una macchina a vapore. Gli affari dello stabilimento termale non andavano al meglio: BAUDRY notava che in

molti salivano al capolinea urbano ma pochissimi, spesso nessuno, arrivava alle sue terme. Il geniale imprenditore (ex ufficiale napoleonico) capì di essere all'inizio di una nuova era e cambiò subito mestiere optando per quello di trasportatore. Ebbe tanto e tale successo che già nel 1828, a Parigi, richiese ed ottenne autorizzazione per organizzare dieci linee di omnibus. Queste si rivelarono un vero affare trasportando in media trecento passeggeri/giorno a vettura. Il trasporto collettivo divenne così patrimonio delle classi meno abbienti proprio con quel mezzo nominato "Omnibus".

Ma qui siamo in America, ove molte delle situazioni urbanistiche note hanno avuto origine, e avendo visto quanto fosse piccolo il nucleo

ante affermazione dell'automobile, della quale proprio Los Angeles, nella sua scelta di crescita urbanistica è grande testimone e oggetto di studio – poteva dettare le regole di espansione del territorio urbano.

In questo tema, una coppia di ruote di ferro-acciaio su un binario, anche esso di metallo, rendevano molto più efficiente lo spostamento che non le ruote di legno su un percorso sconnesso. Ed ecco quindi il passo successivo, a New York nel 1832 quando si inventò un nuovo tipo di mezzo mobile e vincolo di rotolamento, assai pratico e confortevole che diede origine al primo Tram urbano. La nuova infrastruttura "tranviaria" andava lungo la "Bowery-Street", la bassa Fourth Avenue, da Manhattan verso Harlem (fig. 15).

guida dei veicoli trainati da cavalli. I carri erano pensati per il trasporto esclusivo dei passeggeri e, a giudizio di questi (e certamente anche dei cavalli), scorrevano confortevoli viaggiando agevolmente e senza scossoni lungo il selciato cittadino. E a fine pista binaria non c'era neanche bisogno della giostra o anello di inversione, se la cassa fosse stata dotata di ralla impernata sul telaio per potersi rigirare e permettere quindi, facilmente, l'inversione della "forza di trazione animale" (fig. 16).

Il sistema urbano di "Streetcar", migliorando decisamente le resistenze all'avanzamento di un veicolo su ruote, dava gli stessi benefici delle rotaie "in campagna" di Benjamin OUTRAM (1764-1805) la cui invenzione, consolidata insieme a William JESSOP

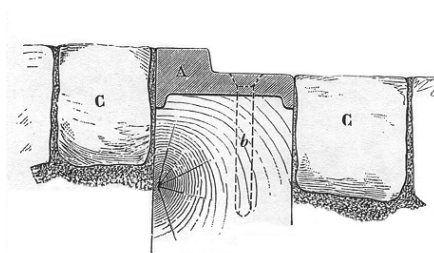


Fig. 1. — Filadelfia (Kg. 22).

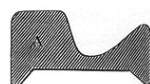


Fig. 2. — New-York, 6ª Avenue (Kg. 34).



Fig. 3. — New-York-Arlem (Kg. 41).



Fig. 7. — St-Louis (Kg. 18).

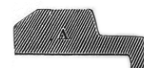


Fig. 8. — New-York-Broadway (Kg. 29,80).

Fig. 15 - Primi inserimenti della pista ferroviaria binaria nella massciata stradale.

storico originale della città di Los Angeles, e lo sviluppo infinito che ne è seguito, cerchiamo di ragionare su come si espansero le città.

L'Omnibus, complice la rivoluzione industriale in corso, diede origine, praticamente subito, a quello che si definirà poi e successivamente come "Commuting" (Commuters sono i pendolari) innestando la crescita delle distanze che una persona era disposta quotidianamente a percorrere per andare, soprattutto ma non solo, da casa a lavoro.

Come conseguenza, le città si ingrandirono ma forzatamente "servite" a misura di trasporto pubblico collettivo; infatti solo quest'ultimo –

Il nuovo veicolo adatto al movimento su rotaie per il trasporto urbano venne realizzato da un altro STEPHENSON, di nome John, un irlandese che presto, dato il successo della nuova invenzione, sarebbe diventato padrone della maggiore fabbrica di "Horse-Drawn Streetcar" degli Stati Uniti, divenuta poi fabbrica di rotabili tranviari e ferroviari fino al 1904 quando verrà assorbita dalla J.G. Brill di Philadelphia.

In quell'anno 1832, John STEPHENSON riuscì ad utilizzare, ben incastrata nelle strade di New York, una pista binaria "ferro-viaria" studiata in modo idoneo per permettere l'inserimento delle ruote e il controllo della

nella sua versione predetta di "fish-bellied cast-iron rails plated and flanged di 28 lbs", databile 1793 primo tipo di rotaia a L con profilo longitudinale a "pancia di pesce" (fig. 13), rimane un caposaldo.

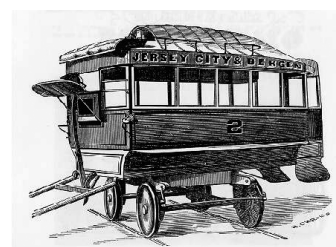


Fig. 16 - Street-car con cassa girevole.

La Outram-way (qualcuno farebbe risalire a tale nome anche il concetto di tram-via) fu adottata, con successo, per il collegamento di qualche miglio tra Denby e Little Eaton nel 1795. Nonché poi per la Iron-way - ecco la denominazione Ferrovia - aperta a tutti a pedaggio nello stesso 1804 (anno di Trevitich) denominata "Surrey Iron Railway" (fig. 17).

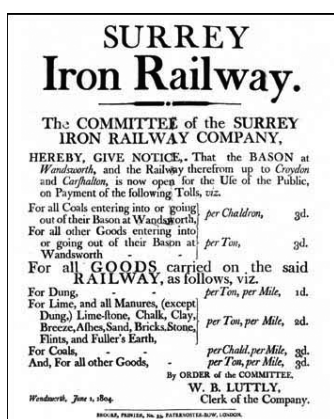


Fig. 17 - Manifesto della Iron-way.

E allora, anche in città, con appositi Street-Car gli stessi cavalli potevano muovere una maggiore quantità di massa, o numero di persone: più velocemente e anche più lontano determinando nel trasporto delle persone un forte fattore di crescita e sviluppo urbanistico.

Ma i cavalli soprattutto se in pendenza ponevano ovviamente problemi di "forza di trazione" oltre che di "inquinamento" animale cui era necessario porre, presto, rimedio. La "moderna" invenzione della trazione a vapore sui binari era più conveniente per eguali quantità trasportate coi cavalli, e garantiva un grosso potenziale di sviluppo. Incastrate le rotaie nel selciato venne ripreso lo stesso concetto di "train" con piccole locomotive a vapore complicate dalla necessità di non avere grossi ingombri e dovendo comunque superare i problemi di aderenza delle pendenze (fig. 18).

Per fortuna le velocità delle tranvie urbane dovevano essere basse da-

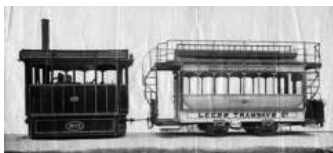


Fig. 18 - Tramvie con traino a vapore.

ta sempre e comunque la promiscuità con altri tipi di traffico, ciò consentiva di contenere le dimensioni (anche delle ruote) e di avere un disegno spesso integrato, specialmente nella forma, con la o le carrozze adibite al trasporto passeggeri.

In America quindi le città crebbero presto con più alte densità di abitazioni e di veicoli mosse dai cavalli che mal si conciliavano col fare treni "lungi" trainati da locomotive e così, nella ricerca di aumentare la frequenza dei passaggi, piuttosto che le dimensioni, si cercava il modo di come mandare più "locomobili" piccole in giro per tutte le strade.

In pratica attorno al 1860 si prospettarono due diverse soluzioni dei problemi. In Europa (Londra 1863) si pensò ai "treni urbani" ficcandoli sottoterra lì ove conveniva farlo e si realizzarono (non certo a Roma che prima dei Piemontesi era una piccola città di 200.000 abitanti) le ferrovie metropolitane che avevano soprattutto lo scopo di ricollegare tra loro le linee e le varie stazioni terminali di testa sostituendo al concetto dell'ingombrante "terminale urbano" quello assai più agile di "passante urbano".

Lì ove gli spazi lo consentivano, si costruirono più facilmente ferrovie elevate; gli spazi, soprattutto nelle



Fig. 19 - Terminale in salita.

città americane (senza nuclei importanti di centro storico) si trovarono radendo al suolo insediamenti preesistenti e non di valore. Anche così si avevano solo treni che andavano lungo tali vistose realizzazioni e che, comunque, avevano il vantaggio di garantire la sicurezza della circolazione e la concentrazione del trasporto lungo appositi assi di scorrimento. In America, dato il costo e la difficoltà di inserimento (a meno della demolizione e ricostruzione del preesistente, cosa che avveniva anche a causa di incendi e terremoti) le ferrovie elevate si fecero in origine nelle grandi città come New York, o Baltimora, ma dopo si intervenne in tutte le altre città che diventavano sempre più grandi.

2. Il Cable-Car di San Francisco prodromo o padre del tram elettrico

Affermatosi nel frattempo il veicolo tram come sistema di trasporto urbano, si stavano studiando e tentando altri tipi di trazione come quella francese ad "Aria Compressa" (tentativi si fecero a Nantes e Parigi) e quella americana della "Cable-way". La soluzione americana era assolutamente "geniale", specie in quegli anni, perché rispettava il criterio della frequenza piuttosto che quello della lunghezza e comunque delle grosse dimensioni. Il "cable-car" di San Francisco è opera del loro concittadino ing. Andrew SMITH HALLIDIE il quale pensò ed ottenne tale brevetto di mandare mosso da una stazione centrale il cavo nascosto sottoterra al centro del binario. Questo brevetto venne depositato il 17 gennaio 1871 e straordinariamente la prima linea entrò in servizio addirittura il 1 agosto del 1873. con tutti gli



Fig. 20 - Terminale in discesa con giostra.



Fig. 21 - Incrocio di linee.



Fig. 22 - Deviatoio.

espedienti per risolvere i problemi di circolazione (figg. 19, 20, 21 e 22).

La invenzione del Cable-car aveva la sua innegabile valenza e supremazia grazie e soprattutto al dispositivo di ammorzamento al cavo che sfruttava il cosiddetto "Grip" (la parola indica "aderenza-attrito" e in questo caso fa riferimento al dispositivo di agancio e sgancio con "frizione" del veicolo dal cavo). Il sapiente uso del "Grip" e della gravità permetteva di muoversi sulle fantastiche pendenze della città di San Francisco e consentire ai "Griper" ossia i "manovratori" di regolare la marcia del veicolo anche in mezzo al traffico.

Il motore era altrove, nella Centrale (la PowerHouse) da cui in piccoli tunnel (fig. 23) e cunicoli appena sotto il piano di rotolamento (con la fessura centrale per consentire l'inserimento e la manovra del dispositivo di Grip) uscivano e rientravano i cavi "senza fine" (fig. 24).

In tal modo si riuscivano a raggiungere in salita e in discesa velocità (che anche se basse) erano impensabili per la trazione animale. E agli incroci o ai deviatori: nessun problema il dispositivo si sganciava e i cavi potevano incrociarsi liberamente su due livelli differenti.

Oltre S. Francisco altre 25 città usarono il metodo del "cable-car"; questo era macchinoso, specie senza aiuto della pendenza, ma poteva permettere (date densità e frequenza) un forte numero di spostamenti e i cavi furono ben usati nei corridoi di traffico più movimentati.

Tuttavia la invenzione del Tram

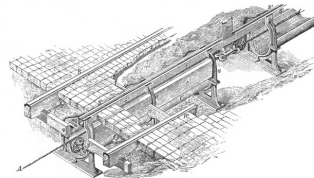


Fig. 23 - Schema di funzionamento.

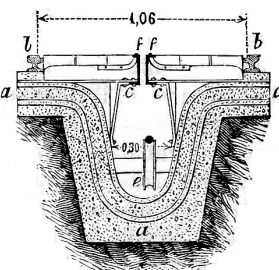


Fig. 24 - Sezione del cunicolo centrale.

cable-car ebbe vita assai corta in quanto gli americani colsero ed accettarono subito la più moderna invenzione del Tram con motore elettrico.

Storicamente la trazione elettrica è del 1879 in Germania, quando Werner SIEMENS, impiantò un nuovo tipo di trasporto collettivo realizzando una piccola ferrovia elettrificata, con tensione sulle rotaie, in occasione dell'Esposizione Industriale di Berlino (fig. 25).

Con la invenzione del motore e della trazione elettrica, il cavo del cable-car poteva restare immobile: erano gli

il "Tube" entrò in funzione a Londra già nel 1890.

Più facile e sicuro, per il sistema tranviario era o stendere il filo per aria o mettere il tram sottoterra, se utile e compatibile con le portate, date le dimensioni ridotte nelle fermate, rispetto alla Ferrovia metropolitana. Infatti ad es. la prima metro di Parigi del 1900 aveva casse lunghe 8,15 m su un truck di soli 3 m con 1 o due motori di 125 cv. Ma le banchine iniziali di 75 m si rivelarono presto insufficienti per una grande città e po-



Fig. 25 - Primo "traino" elettrico expo Berlino.

chi anni dopo vennero allungate a 105 m: fu anche questa necessità di allungamento delle banchine che portò alla successiva ipotesi e progettazione del carrello su gomma, per tentare anche di riguadagnare, attraverso pendenze più marcate, lo spazio già vincolato dalle preesistenze.

Tornando alle prime applicazioni elettriche, oltre quelle di Siemens, ci provò Leo DAFT in Baltimore con un primo locomotore elettrico nel 1883; nel filone tranviario bisogna attendere soprattutto le idee di Frank Julian SPRAGUE in Richmond nel 1887-88 dopo che la prima linea con un filo aereo si era vista come prototipo nel 1883 nella Expo di Chicago e una era stata realizzata nel 1885, ad opera di Van DEPOELE a Toronto nel Canada.

Incredibile è stato lo sviluppo del tram elettrico. Il successo di Frank J. SPRAGUE, fu quello di motorizzare direttamente i carri-tranviari facendo muovere più motori e successivamente anche più veicoli simultaneamente attraverso il collegamento tramite cavi elettrici (multiplo). SPRAGUE, ufficiale di Marina ma anche grande inventore, trovò quasi tutte le soluzioni pratiche ai problemi elettrici della trazione, tanto che alla fine del 1800 quasi il 90% dei brevetti "trolley-car" erano brevetti SPRAGUE. I veicoli, quindi, si assomigliavano tutti riprendendo un po' la forma dei tram di San Francisco: erano generalmente bidirezionali e costituiti da una parte centrale più protetta e da due piattaforme alle estremità per la guida e la salita e discesa dei passeggeri.

La maggiore potenza a disposizione e quindi le maggiori forza e velocità rispetto ai cavalli dimostrarono che il costo di gestione di una tranvia elettrica era circa la metà di una tranvia a cavalli. La parola Trolley-car divenne usuale per indicare il dispositivo a molla caricata e isolata posta sul tetto dei veicoli per tenere il contatto con un cavo (filo) che (dal sottoterra dei cable-car) diventava aereo (sospeso per aria), sempre posto in corrispondenza della mezzzeria del binario.

I motori elettrici furono montati in maniera di avere attenzione anche dal punto di vista delle vibrazioni oltre che dal punto di vista elettrico e quindi in grado fornire la potenza alle ruote in maniera piana e diretta. I veicoli di Richmond, in Virginia nel 1888 segnarono l'inizio dell'era degli "Electric-car" che, dato il loro minore costo di installazione e di gestione presero il sopravvento rispetto ai Cable-car.

Nella stessa S. Francisco dopo il terremoto del 1906 rimasero in funzione quei cable-car che affrontavano le maggiori pendenze richiedendo non tanto le maggiori potenze ma soprattutto, in quanto veicoli trainati, non presentavano mai e in qualunque condizione atmosferica problemi di aderenza.

È interessante notare come sia con gli esperimenti con l'aria compressa, che il cavo, e successivamente con la Elettricità, si tendeva a separare il luogo di produzione della Energia (Centrale di produzione di aria compressa, Centrale a vapore per muovere i cavi e poi Centrale Elettrica) dal luogo di utilizzazione, da parte dei veicoli, verso la periferia della città con andamento pressoché radiale ricucito spesso da una (o più) "linea circolare".

Dunque grazie alla ferrovia, intesa come strada ferrata con la sua variante sotterranea metropolitana e al tram inteso come veicolo relativamente più piccolo, anche sottoterra, e di fatto alla affermazione del trasporto collettivo, le città poterono crescere in forma ordinata disegnate a misura della offerta (prima della domanda) di trasporto collettivo.

Nel 1890 quando il governo federale censì i sistemi di trasporto urbano contò 5700 miglia di tranvia a cavalli, 500 miglia di Cable-car e già 1260 miglia di Trolley. Nel 1893 più di 250 compagnie di trasporto erano "elettriche" e più del 60% ossia 12000 miglia totali di binario erano elettrificati. A fine 1893 i binari elettrificati erano 30000 miglia con la percentuale del 98%. Si può affermare, oggi, che la velocità di apprezzamento di

quella nuova invenzione è rimasta insuperabile.

Anche a Roma, città diventata oggi assai difficile e ostile per l'inserimento degli impianti di trasporto pubblico, il Tram-Trolley magari accompagnato con un rimorchio ebbe notevolissima diffusione: nel 1908 funzionavano già 20 linee e la massima estensione della rete (la prima in Italia) fu alla fine anni 1920, con 140 km di rete e 58 linee per totali 400 km di linee e circa 1000 veicoli. Fu dopo la depressione del 1929 che le tranvie cedettero il passo ai più agili servizi Autobus e naturalmente all'automobile.

3. A San Francisco: il primo Sistema Metro Automatica BART (Bay Area Rapid Transit)

Il sistema BART (progetto fine anni 60) si sviluppa per 167 km di binari (104 miglia) e 43 stazioni. Il sistema è con guida automatica ma mantiene l'operatore a bordo (fig. 26) ed



Fig. 26 - Il BART è con Marcia Automatica.

utilizza lo scartamento "largo" di 5 ft 6 inch corrispondente a 1.676 mm.

Tale scartamento fa tornare alla mente la discussione iniziale tra Ingegneri ferroviari a proposito della larghezza e delle dimensioni "armoniche" della pista binaria e dei veicoli ad essa destinati. STEPHENSON non pose il problema perché quando costruì la sua prima locomotiva Blucher con le ruote flangiate, mantenne lo scartamento che aveva trovato nella miniera ove già funzionava la cosiddetta Killingworth Wagon-way che misurava 4

ft 8 inch (1422 mm) portandolo per questioni di tolleranze soprattutto in curva a 4 ft 8 1/2 inch (1435 mm) per la linea Liverpool-Manchester. (1 Inch = 2.54 cm, 1 Feet = 30.48 cm).

Naturalmente il successo conseguito dalla sua impostazione frenarono altre soluzioni come invece tendeva a fare Isambard Kingdom BRUNEL. Questi sosteneva e giustificava l'adozione di uno scartamento assai più largo (da 6 a 7 ft) in quanto era convinto del fatto che la resistenza sarebbe diminuita nel caso si sarebbero potute costruire ruote con diametro proporzionalmente maggiore commisurate al diametro degli assi e degli alberi, motivo per cui quando realizzò la Great Western Brunel adottò uno scartamento di 7 ft con tolleranza di 1/4 inch, corrispondente a 2140 mm.

BRUNEL era convinto che tali misure avrebbero consentito ruote con minore resistenza per le masse da trasportare e le velocità da raggiungere. In poche parole lo scartamento maggiore avrebbe assicurato a pari resistenza la maggiore stabilità in corsa, cosa che certamente non è dispiaciuta ai progettisti del sistema BART pensando di dover resistere anche a terremoti di una certa entità. E per tale motivo dunque che è lecito pensare alla adozione dello scartamento largo tenendo anche conto del fatto che la prima ferrovia costruita nel 1835 nella British North America aveva stesse misure, che gli inglesi avevano scelto per le loro colonie, e che questo è passato alla storia col nome di Indian GAUGE o, in Canada, Provincial Gauge perchè era lo standard definito per potere accedere ai finanziamenti governativi fino al 1870.

Le vetture BART sono di sagoma larga di 3,20 m (pari al massimo consentito da Amtrack) (fig. 27), ma la misura dello scartamento induce che le attrezzature di supporto agli interventi di manutenzione debbano essere tutte apposite per tale scartamento.

I treni possono raggiungere velocità max di 80 mph pari a circa 130 km/h il che, assieme al distanziamento delle fermate, permette di potere



Fig. 27 - Larghezza treni m 3.20; composizione fino a 10 pezzi.

mantenere una elevatissima velocità media di 33 mph, circa 53 km/h. I treni possono funzionare con una composizione minima di tre veicoli fino alla massima di 10 consentita dalla banchina di 700 piedi (213 m) (fig. 28). Le linee hanno pendenza massima del 4 per cento e raggio di curvatura minimo di 120 m.

Tutti i percorsi, tranne la linea Richmond-Fremont, attraversano in



Fig. 28 - Banchine 213 m; scartamento 1676 mm.

sotterraneo la baia per arrivare ad Oakland il che si traduce nel fatto di consentire la sovrapposizione di più linee su di un solo tracciato (fig. 29). I treni hanno infatti cinque itinerari

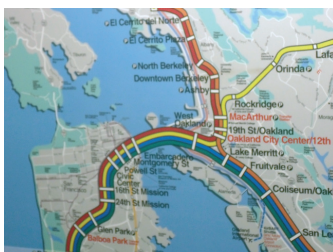


Fig. 29 - 4 linee sovrapposte.

in parte sovrapposti ed in parte utilizzando tratte di ferrovia preesistenti. L'ultima tratta è stata aperta nel 2003 per il collegamento con l'aeroporto Internazionale di San Francisco.

Quando BART ha celebrato il 50° anniversario della sua ideazione (il 19 giugno 1964) l'organizzazione della gestione ha annunciato il piano di sviluppo per i prossimi 50 anni. Questo prevede l'aggiunta di un nuovo tunnel per disporre di quattro tubi "Transbay" ossia sotto la baia di San Francisco (a sud del tunnel esistente) per fornire la connessione anche al servizio Cal-train ed il già previsto futuro sistema ad Alta velocità per la California. Il piano BART si prefigge di migliorare il servizio e l'affidabilità del sistema in particolare ove la densità di passeggeri è più alta.

I treni per ogni linea hanno "storicamente" corse ogni quindici minuti nei giorni feriali e venti minuti durante le ore di morbida, i fine settimana e i giorni festivi e poiché le stazioni più centrali sono servite da ben quattro linee, ciò permette di avere un servizio frequente ogni 3-4 minuti. Il sistema che, come detto, dispone di 43 fermate è chiuso per quattro ore ogni sera per la manutenzione, con riapertura alle 4:00 AM ogni mattina, tranne la domenica.

Storicamente il BART è diventato l'erede della linea tranviaria System Key che fino al 1958 stava sulla parte inferiore del ponte Bay Bridge che collega San Francisco con Oakland.

L'esercizio della linea è Automatico ma con macchinista a bordo. La tensione di alimentazione è di 1000 V con alimentazione a terza rotaia. Con riferimento al 2006 i veicoli sono 670 per una capacità massima giornaliera di 360000 utenti.

Nello stesso anno il reddito annuo lordo (entrate tariffarie) è stato di 233.650.000 \$ a fronte di spese pari a 581.810.000 \$ ed un traffico medio di passeggeri giorno di 322.965 unità e costo del passeggero-miglio di 0,323 \$, cioè 0,200 US\$ a passeggero-km (costo di capitale escluso).

Il servizio ufficiale del sistema BART ebbe inizio complessivo nel 1972 e continua ad oggi senza aver registra-

to avvenimenti negativi salvo taluni imprevisti nella primissima fase di esercizio della marcia automatica, anche nel 1989, in occasione del forte terremoto che ha investito l'area, il servizio rimase sospeso per sole 6 ore. Riuscì anzi ad essere utilizzato per portare assistenza alle zone maggiormente interessate dal sisma e le cui infrastrutture di superficie avevano subito gravi danni.

Uno studio recente mostra che oltre ad alcune autostrade Bay Area, alcune strutture aeree del BART potrebbero essere ampiamente danneggiate e forse crollare nel caso del grande terremoto (Big-one) che è previsto altamente probabile nella Bay Area entro i prossimi 30 anni. Sono già in corso lavori di irrobustimento dei piloni e delle gallerie sottomarine per una spesa di 4 miliardi di dollari.

Le tariffe BART sono paragonabili a quelle dei sistemi ferroviari e si basano su una formula che tiene conto sia della lunghezza che della velocità del viaggio. Un supplemento viene aggiunto per i viaggi al San Francisco Airport. I passeggeri hanno titoli ricaricabili di plastica su cui le tariffe sono memorizzate attraverso una banda magnetica, il che consente di entrare e uscire dal sistema. Al momento dell'uscita si memorizza il saldo sul biglietto. Un biglietto può essere ricaricato presso una biglietteria automatica ed il saldo residuo su ogni biglietto può essere scontato per l'acquisto di uno nuovo; quando il saldo non è ancora zero, più carte di basso valore possono essere combinate per creare una carta di valore più grande.

Il BART è connesso ai due servizi ferroviari regionali della Caltrain e della Amtrak nonché al locale sistema di light rail Muni Metro. Ci sono Carsharing e Car Pooling in molte stazioni per cui i viaggiatori BART completano il viaggio con l'automobile compresa anche la lunga sosta agli aeroporti.

3.1. Governance Budget e tipologia del servizio BART

La San Francisco Bay Area Rapid

Transit District è una Agenzia Governativa con poteri speciali creata dallo Stato della California. Nella organizzazione territoriale si riuniscono la Contea di Alameda, la Contea di Contra Costa la Città e la Contea di San Francisco e la Contea di San Mateo (che ospita sei fermate del BART ma che non fa parte del Distretto).

L'Agenzia è retta da un Consiglio di Amministrazione ove i nove eletti rappresentano ciascuno una specifica area geografica del Distretto. Il BART dispone di una propria forza di polizia. E se il Distretto include tutte le città e le comunità della propria giurisdizione, talune di tali città non hanno fermate di accesso al sistema BART.

Questo succede ad es. nel caso della città di Livermore dove si hanno tensioni perché i cittadini pagano tasse al BART ma devono andare fuori dalla propria area amministrativa per potere ricevere i servizi. Altri problemi sono nel caso di Fremont ove è più forte il pendolarismo con San José piuttosto che con San Francisco. Ma i piani di sviluppo prevedono la estensione del BART fino a San José.

Altri esempi di città senza stazioni sono Emeryville, Emery-Go-Round (che vanno nella stazione MacArthur in Oakland); Albany che alimenta coi propri residenti la North Berkeley (nella Contea di Alameda) o a El Cerrito Plaza (Contea di Contra Costa). Questo è il motivo principale per cui il BART ha dovuto pensare a soluzioni che aiutino e facilitino l'uso della automobile e relativa sosta.

Le spese di funzionamento del BART sono state ad esempio nel 2005 di 300 milioni di dollari oltre il ricavo da biglietti. Della somma totale il 37% se ne va in manutenzioni, il 29% in costi di esercizio, il 24% in costi amministrativi cui si aggiunge 8% di spesa per servizi di Polizia e il 4% in spese di nuova costruzione e relativa Ingegneria. In sintesi nel bilancio 2005 ben il 53% del Budget deriva dagli introiti tariffari, il 32% da tasse e il complementare 15% da altre fonti (Pubblicità spazi da affittare, leasing e parking introiti).

E tale valore del 53% è da ritenersi assai ottima performance per un sistema che gestisce 669 veicoli. Di questi 541 devono essere in servizio attivo, altri 38 veicoli costituiscono una riserva calda di 4 treni e altri 90 sono fermi per manutenzione, lavori d'officina e di adeguamento. Il Sistema BART si caratterizza per essere una "Metropolitana d'area metropolitana" con servizio tipico di quelli definiti come "Commuter Rail" cui vanno aggiunti i benefici della "Commuter Subway" considerando le distanze coperte e la percentuale in sotterraneo nonché il distanziamento delle fermate e la elevata velocità commerciale per dare il collegamento alle zone cosiddette sub-urbane.

Posto poi il fatto che molte linee convergono nell'area Urbana di San Francisco e Oakland si può concludere che il sistema assicura una alta frequenza oltre l'integrazione con le altre linee di collegamento dell'area. I altri termini il Sistema BART è una metropolitana sotterranea che diventa un servizio commuter rail regionale come la S-Bahn di Berlino o la RER di Parigi e come servirebbe nell'area metropolitana di Roma. Della metro mantiene la frequenza, l'accessibilità e le modalità di approccio (biglietti compresi) al sistema.

Le stazioni dell'area urbana hanno un distanziamento non inferiore a 800 m e intervalli tra due e 5 minuti nei momenti di maggiore richiesta di traffico. L'insieme costituisce un sistema ibrido di metro-rail in grado di rispondere da Mass Rapid Transit di San Francisco (aeroporto compreso), Oakland e Berkeley oltre alle esigenze del pendolarismo delle zone del Distretto più delocalizzate o sub-urbane.

Il sistema per il successo ottenuto è destinato ad una forte espansione ed estensione. I treni che funzionano su 5 itinerari hanno perso nel tempo una loro identità in funzione della rotte (Nord o Est o Ovest) o del colore (ad es: la red line). I veicoli sono dunque tutti uguali e occorre leggere i display in banchina per sapere l'itinerario del treno.