

行政院及所屬各機關出國報告

(出國類別：考察)

三鐵共構車站交通轉運設施與站區開發等規劃
都會區鐵路地下長隧道電車線懸吊系統

出國人：	交通部鐵路改建工程局	組長	劉慶豐
	中華顧問工程司	經理	楊漢生
	中興工程顧問公司	計劃經理	許峰雄
	交通部鐵路改建工程局	隊長	陳義明

出國地區：法國

出國期間：九十二年十月十九日至十月二十八日

報告日期：九十二年十一月

H4/
C0920 4679

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：三鐵共構車站交通轉運設施與站區開發等規劃
都會區鐵路地下長隧道電車線懸吊系統

頁數 26 含附件：☐是☒否

出國計畫主辦機關：交通部鐵路改建工程局

聯絡人：王淑芬 電話：(02) 89691900 轉 1970

出國人員姓名／服務機關／單位／職稱／電話

劉慶豐 交通部鐵路改建工程局 工務組 組長 電話：(02) 89691900 轉 1989

楊漢生 中華顧問工程司 鐵道部 經理 電話：(02) 26513698 轉 21

許峰雄 中興工程顧問公司 高鐵計劃 經理 電話：(02) 27692131 轉 20370

陳義明 交通部鐵路改建工程局 工六隊 隊長 電話：(02) 23951746

出國類別：☒1 考察☐2 進修☐3 研究☐4 實習☐5 其他

出國期間：九十二年十月十九日至十月二十八日 出國地區：法國

報告日期：九十二年十一月

分類號／目：H4／鐵路

關鍵詞：輪軌系統、軌道檢測、高速攝影、模數轉換器、車箱關節式連結

內容摘要：

法國是世界第四經濟強國，公用事業行業最大輸出國，在高科技發展上，無論在基礎領域或是應用研究方面，它都佔有極其重要的席位。尤其都會區大眾運輸系統轉乘之便利性更是各國之先趨，特別在軌道運輸方面，更另世界各國刮目相看。

法國鐵路客運爲了和公路及航空等交通工具競爭，不斷更新鐵路幹線主型客車，積極開發研製新型高速旅客列車，改善旅行環境和提高舒適度，從1965年起先後研製了多種類型的高速旅客列車。1966年法國將航空用的燃氣輪機用於鐵路輪動車組；1969年法國研製成功第一代ETG燃氣輪動車組，最高試驗速度248km/h。第二代RTG燃氣輪動車組，最高速度可達260km/h。第三代燃氣輪動車組—TGV001型燃氣輪動車組，5輛編組，最高試驗速度爲318km/hm

二十世紀七十年代中期，受石油危機的影響，法國停止了繼續研製以燃氣輪機爲動力的新型高速旅客列車，而決定加速研製高速電動車組。1983年9月，法國巴黎東南線高速電動車TGV-PSE正式投入營運，高速電動車組（TGV-PSE）是一種動力集中式高速列車，通常稱爲法國第一代高速旅客列車。

法國鐵路建設的尖端技術在於熱能和電能的推動控制，機械和列車材料的安全，無高速運行而引起的耳朵不舒服的感覺，安全、控制、操縱和信號設備各方面軟體的性能良好。高速火車創造了五百一十五公里的世界最高輪軌車輛時速紀錄。

本文電子檔已上傳至出國報告資訊網(<http://report.gsn.gov.tw>)

目 錄

壹、 考察目的.....	2
貳、 考察過程.....	3
參、 考察心得.....	6
一、 法國軌道系統技術及討論.....	6
二、 法國軌道系統之更換過程.....	7
三、 法國國鐵之高速檢測技術.....	14
四、 法鐵軌道工程規範.....	16
五、 法國車站設計.....	19
六、 法國新幹線 TGV.....	20
七、 法國軌道結構.....	25
肆、 結論與建議.....	26

壹、考察目的

交通部鐵路改建工程局（簡稱：鐵工局），奉指示負責辦理都會區鐵路立體化工程，旨為將既有台鐵營運路線高架化、地下化及其他功能之改善，自七十八年起已陸續辦理台北車站地下化、鐵路地下化東延松山工程、萬華板橋地區鐵路地下化，現正執行鐵路地下化東延南港工程，並推動高雄地區鐵路地下化、台中台南鐵路立體化及督導東部鐵路改善計畫。

鐵工局負責之各都會區鐵路立體化工程大部份在人口密集之都會區施工，常受周圍建築物及用地影響，土建工程、電車線工程、軌道工程等施工均較為困難，必須採用新穎有效工法克服，以降低對鄰近居民環境的影響，同時有鑒於目前世界各國因人口集中都會區且道路年增率遠不及車輛年增率，形成都會區內及城際道路交通日益頻繁與擁塞，又近年來在降低環境污染及增加能源使用效能之呼聲下，鐵路運輸又再度成為解決陸運交通最佳方案，此一現象在地狹人稠的台灣更加明顯。法國鐵路工程為先進國家，相關工程經驗可供國內參考，本次考察特別邀請中華顧問工程司及中興工程顧問公司派員會同參加，考察目的除參觀巴黎三鐵共構車站及各種軌道系統轉運設施外，並拜會法國交通部官員及會晤法鐵軌道工程規範專家，作經驗上之交流，其內容可供鐵工局刻正進行之南港專案、高雄專案及日後其他專案技術決策之考量，並提供顧問公司納入規劃設計參考。

貳、考察過程

- 十月十九日(日) 23:55 台北中正機場搭長榮航空 BR0087 出發至巴黎
- 十月二十日(一) 7:50 抵達巴黎戴高樂機場第一航站
14:00 在法國交通部聽取軌道系統技術及討論
- 十月二十一日(二) 7:15 在巴黎蒙帕那斯車站搭乘 TGV 8305
10:19 到達 LA ROCHELLE VILLE 參觀法鐵軌道系統之更換
過程
- 十月二十二日(三) 9:14 在巴黎里昂車站搭乘搭乘 TGV 檢測車至馬賽
3:30 下午參觀 Cybernetix 公司(與法鐵合作發展列車檢測設備
的公司)，法國國鐵之高速檢測技術簡報
- 十月二十三日(四) 14:00 會晤法鐵軌道工程規範專家
- 十月二十四日(五) 9: 00 參觀巴黎捷運及各種軌道系統之轉運
- 十月二十五日(六) 9: 00 參觀巴黎捷運及各種軌道系統之轉運
- 十月二十六日(日) 9: 00 參觀巴黎捷運及各種軌道系統之轉運
- 十月二十七日(一) 11:20 巴黎戴高樂機場搭長榮航空 BR0088 返台北
- 十月二十八日(二) 7:00 抵達桃園中正機場

考察行程表

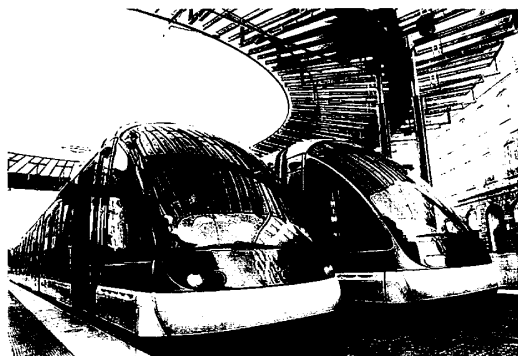
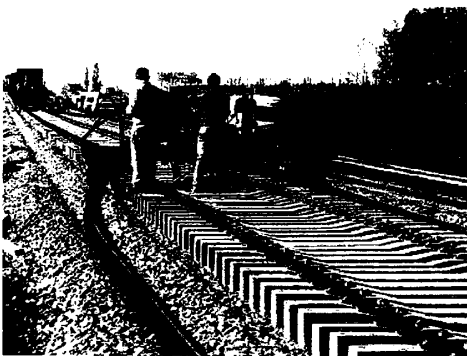
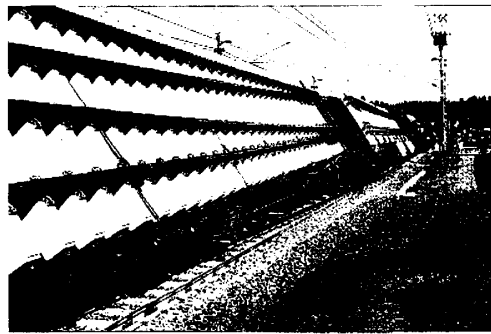
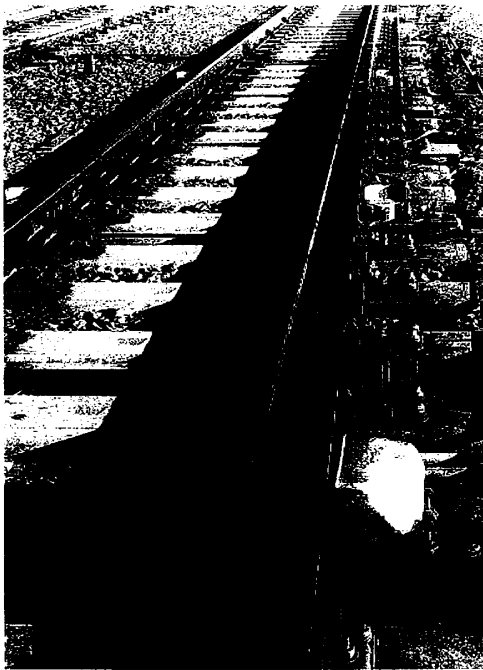
日期	行程內容	住宿地
十月十九日(日)	台北中正機場搭長榮航空 BR0087 23:55 出發	機上
十月二十日(一)	7:50 抵達巴黎戴高樂機場第一 航站。 至第二航站搭乘 RERB 線至飯 店 Check in。 下午 14:00 在法國交通部聽取軌 道系統技術及討論。	巴黎 Holiday Inn LA VIELETTE 216 ave Jean Jaures 75019 Paris France tel: 33-1-44841818 Fax:33-1-44841820 E-mail : hilavillette@alliance-hospitality.com
十月二十一日(二)	早上 5:45 從飯店出發 7:15 在巴 黎蒙帕那斯車站搭乘 TGV 8305 10:19 到達 LA ROCHELLE VILLE。 參觀法鐵軌道系統之更換過程 大約 19:00 回到巴黎。	巴黎 Holiday Inn LA VIELETTE 216 ave Jean Jaures 75019 Paris France tel: 33-1-44841818 Fax:33-1-44841820 E-mail : hilavillette@alliance-hospitality.com
十月二十二日(三)	9:14 在巴黎里昂車站搭乘 TGV 檢測車至馬賽。 下午參觀 Cybernetix 公司(與法 鐵合作發展列車檢測設備的公 司,由其簡報法國國鐵之高速檢 測技術)。 結束後晚上搭 TGV 回到巴黎	巴黎 IBIS BASTILLE OPERA 15, rue Breguet PARIS 75011 France tel +33 149292020 fax+33 1 49 29 20 30
十月二十三日(四)	14:00 會晤法鐵軌道工程規範專 家,研討軌道施工並交換意見。	巴黎 Holiday Inn LA VIELETTE 216 ave Jean Jaures 75019 Paris France tel: 33-1-44841818 Fax:33-1-44841820 E-mail : hilavillette@alliance-hospitality.com
十月二十四日(五)	9: 00 參觀巴黎捷運站旅運設施	巴黎

	及各種軌道系統之轉運。	Holiday Inn LA VIELETTE 216 ave Jean Jaures 75019 Paris France tel: 33-1-44841818 Fax:33-1-44841820 E-mail : hilavillette@alliance-hospitality.com
十月二十五日(六)	9: 00 參觀巴黎捷運站旅運設施 及各種軌道系統之轉運。	巴黎 Holiday Inn LA VIELETTE 216 ave Jean Jaures 75019 Paris France tel: 33-1-44841818 Fax:33-1-44841820 E-mail : hilavillette@alliance-hospitality.com
十月二十六日(日)	9: 00 參觀巴黎捷運站旅運設施 及各種軌道系統之轉運。	巴黎 Holiday Inn LA VIELETTE 216 ave Jean Jaures 75019 Paris France tel: 33-1-44841818 Fax:33-1-44841820 E-mail : hilavillette@alliance-hospitality.com
十月二十七日(一)	巴黎戴高樂機場搭長榮航空 BR0088 11:20 出發	機上
十月二十八日(二)	7:00 抵達桃園中正機場	

參、考察心得

一、法國軌道系統技術及討論

由法國交通部主辦，在法國交通部聽取法國主要軌道廠商包括 ALSTOM、RAILTECH、VOSSLOH、GEISMAR 等公司對於鐵路工業產品簡報。與軌道有關的主要為 RAILTECH 的鋼軌焊接技術與設備，VOSSLOH 的混凝土枕道岔系統，GEISMAR 生產的軌道施工與養護設備。



二、法鐵軌道系統之更換過程

因法方聯繫失誤以至無法參觀 SNCF 軌道維修更新過程，但在搭乘 TGV 前往 LA ROCHELLE VILLE 途中與車站內已開始研習法國高速鐵路，詳述如下。

1. SNCF 概述

法國鐵路全長 52,000 公里，車站 5,000 個，法國國營鐵路公司 (SNCF) 在巴黎主要有兩項服務：一是近郊鐵路線 (Banlieue)；一是長程鐵路線 (Grandes Lignes)。近郊鐵路線行駛於 5 個環區內；長程鐵路線則縱橫全法。藉由便利的鐵路交通，遊客可遊覽巴黎郊區且當日往返。

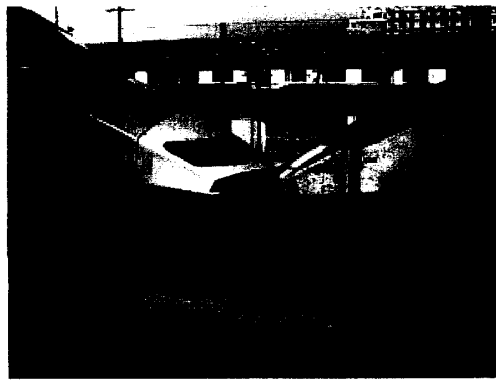
2. 法國高速鐵路 TGV

在 1964 年日本新幹線通車之後，SNCF 即派員前往考察，並且不干示弱，並在 1972 年完成高速試驗車 TGV001 (Train à Grande Vitesse)，同年 12 月 8 日創下世界紀錄 318km/h 時速。並於 1981 年 9 月興建完成巴黎 (Paris) 至里昂 (Lyon) 間之 TGV 東南線，成為歐洲第一條高速鐵路，並以時速 270 公里營運速度稱霸全球。

TGV 大西洋線於 1989 年營運，當時最高營運速度，已經達到世界上最快的每小時 300 公里。隨後 TGV 大西洋線列車 TGV-A 更在 1990 年 5 月，創下每小時 515.3 公里之世界紀錄，迄今尚未被任何鋼軌鋼輪車輛所打破；2001 年 5 月 TGV-R 創下全球火車紀錄 1 以 3 小時 29 分跑完 1067.2 公里，平均時速 306.67 公里，再次震驚全世界。往後影響所及，TGV 技術向鄰國和世界上其他國家大量輸出，如美國 Acela、西班牙 AVE、韓國 KTX 等等。

法國高鐵 TGV 和日本新幹線不同，以興建站外新線作為提高車速的基礎，縱然法國的舊有路網已是 1435 公厘標準軌，但是因線形條件與施工標準不足，以致無法使 TGV 高速化。此外，TGV 採用推拉式 (Push-Pull) 的動力方式，不同於日本新幹線 EMU 方式，只在列車前後兩端機車裝設動力轉向架，

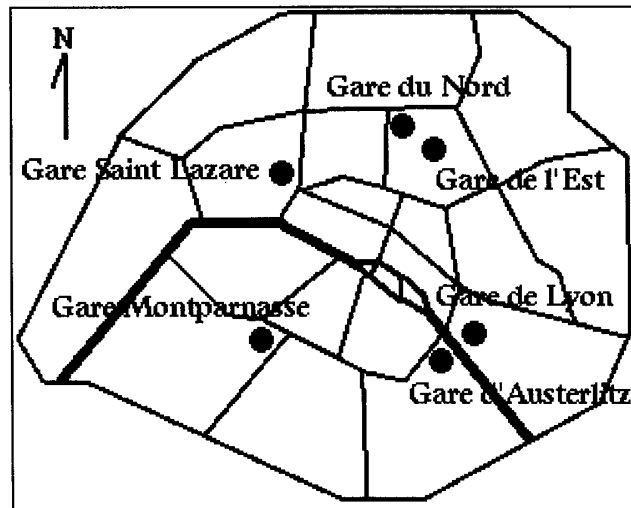
而中間車廂一律以關節式(Articulated Bogie)連結，平均每部客車可從四軸阻力減為二軸，可以配合高速化。然而為減輕軸重(16.8ton)，所以車體輕量化，斷面大幅減小，車寬在 2.8 公尺左右(亦減低風阻)，使得車上乘坐空間狹小，為其最大缺點。



TGV 是目前世界最快輪軌系統與商業運轉的火車，以巴黎為中心向四方放射出去，數以百萬計的乘客，在 270~300 km/h 的速度下，既安全又舒適地抵達目的地。一九八九年九月，TGV 的第二代"TVG-Atlantique"開始啓用，服務法國西部，連接巴黎到 Le Mans。"TVG-Atlantique"的第二階段，於一九九〇年九月投入服務，遍及法國西南部。

巴黎共有六個主要的火車站，通往法國各地及歐洲各國：

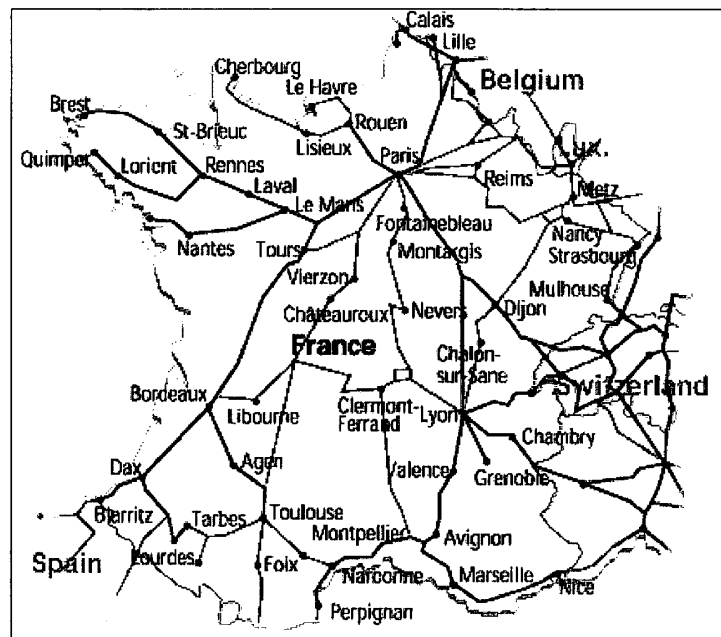
- 1、Gare d' Austerlitz：開往法國西南及西班牙、葡萄牙
- 2、Gare de l' Est：開往法國東部
- 3、Gare de Lyon：開往法國東南及瑞士、義大利
- 4、Gare Montparnasse：開往法國西部
- 5、Gare du Nord：開往法國北部及比利時、荷蘭、英國、德國、北歐各國
- 6、Gare Saint-Lazare：開往法國西北



巴黎東南線通車雖然比日本晚，但最高運行速度和技術經濟指標等要優於日本，特別是建設費用比日本節省很多。巴黎東南線新建線路 398 km，包括

機車車輛總投資 128 億法郎，每公里線路造價相當於日本東海道新幹線的 16.2%。

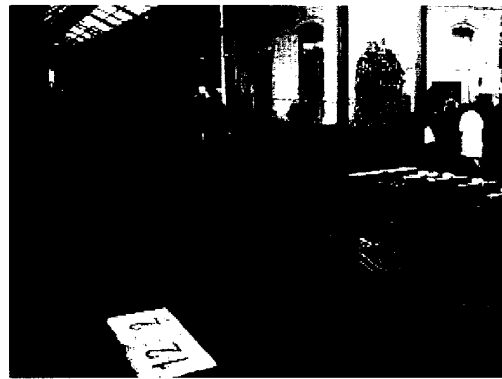
巴黎東南線費用低的主要原因是巴黎—里昂區間只設兩個車站，平均站間距約 142 km，線路兩側距離居民區大於 150m，無隔音牆，採用 35 %的陡坡，全線少橋且沒有一個隧道，再加上利用了巴黎和里昂附近的 29 km和 8 km的兩段既有線路，從而降低了線路的工程造價。另外，從車組造價上分析，TGV-PSE 高速列車單價為 0.7 億法郎，德國 ICE 列車為 1.5 億法郎，日本"光號"列車單價為 2.10 億法郎。每定員所占列車費用，法國 TGV-PSE 列車為 18 萬法郎，德國 ICE 列車為 21.6 萬法郎，日本"光號"列車為 21.2 萬法郎。



3. 車站

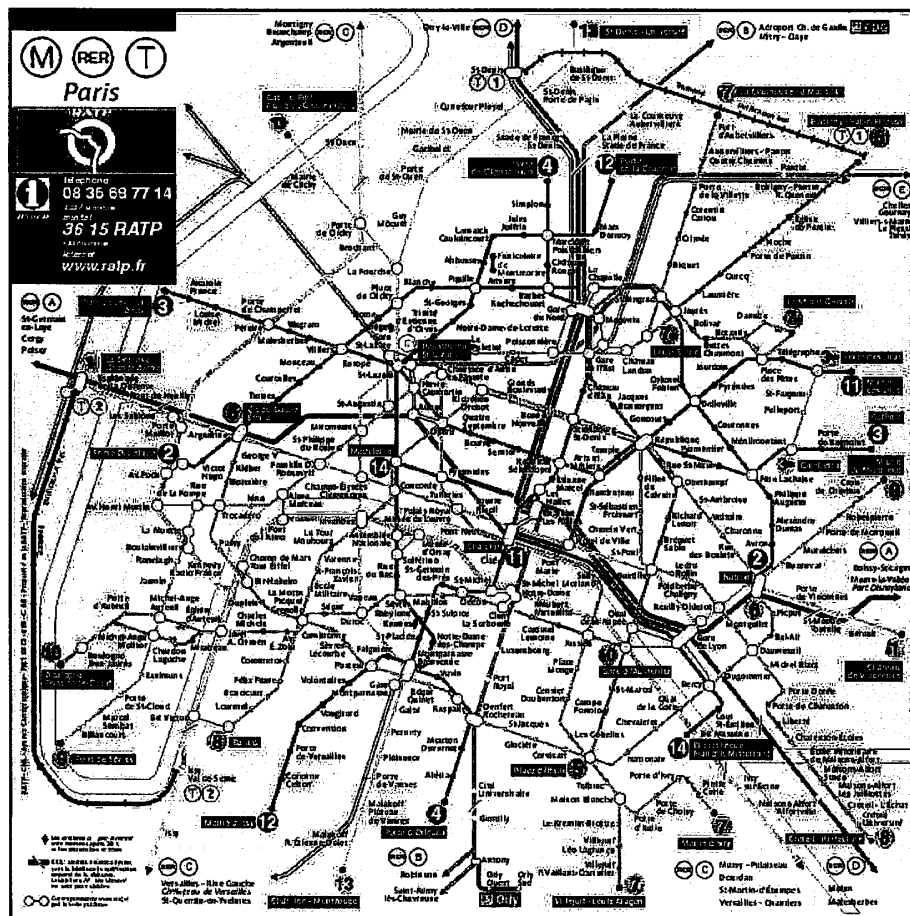
火車站裡有離站與到站兩種看板，顯示車班號碼、啓程與抵達時間、誤點指示、月台號碼、火車行經站名與起訖站名。如果行李過於沉重，旅客可以用 1 歐元硬幣租用手推車，歸還推車時即自動退幣。

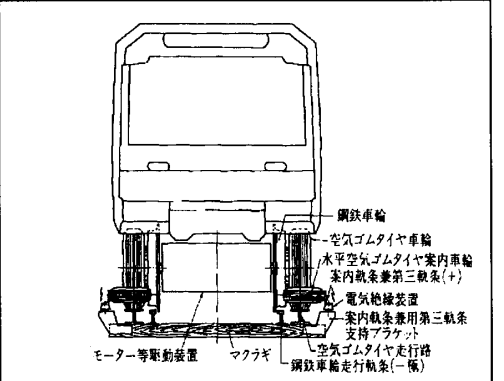
若要購買到巴黎近郊的火車票，可以使用設於車站大廳內的投幣式自動售票機（可找錢）。買票前最好先到售票處或服務台詢問購票細節。上火車之前，記得把車票與預約票插入剪票機 (composteur) 打洞；當查票員查票時，任何持有車票卻未打洞的旅客須付罰金。售票處以看板標示所出售的車票：Banlieue 為近郊車票；Grandes lignes 是指長程火車車票；Internationale 是國際車票。兒童、老人、夫妻、帶有小孩的家庭、或是超過 1000 公里旅程都可以享有折扣。優惠車票可直接向 SNCF 車站或是標有 SNCF 標誌的代理公司、旅行社購買。在巴黎主要火車站都可以找到通往郊區的火車，通常很清楚地標示著「Banlieue」(郊區)。市區內通用的車票不能使用於郊區火車，除非該目的地同時有 RER 及 SNCF 的火車經過才可使用 RER 車票。



4. 巴黎地鐵(Metro)

是世界上最古老的地鐵之一，1 號線『Porte Maillot ~ Chateau de Vincennes』自 1900 起開始運轉，二次大戰以後 (1948) 法律授權 RATP 負責管理市區所有地下鐵及地面交通管理。目前巴黎地下鐵共有 14 條線及 4 條 RER 快速線，共有車站 297 個，其中最新的為 1988 年 10 月通車的第 14 號線，為全自動無人駕駛。另外自 1958 年 11 號線開始採用獨特鋼輪與膠輪共用系統，目前共有 6 條線採用這類車輛。地鐵車廂還算相當乾淨；但車外軌道與車站則否。營運時間從早上 05:30 至翌日凌晨 01:15 為止，四通八達，且票價不高。搭乘時先在地鐵圖找出自己所在的車站，以及目的地或轉車的車站，然後搭乘行經兩地的班車。車票需先經過自動剪票機剪票，才可進入地鐵系統。





三、法國國鐵之高速檢測技術

由 SNCF 人員陪同自巴黎 Gare de Lyon 車站搭乘 TGV 檢驗車經由里昂（Lyon）至馬賽（Marseille）。並參觀 cybernétix 公司，該公司為提供檢驗車設備之主要廠商。該公司利用高速攝影技術運用在軌道檢測方面，包括石碴斷面、枕木損傷、扣夾位置、鋼軌損傷、電車線磨耗等量測技術獨步全球。

Ballast

IVOIRE integrates a 3D laser profiler unit that records the cross profile of the ballast, close to the rail.



Ballast unit between wheels of a bogie

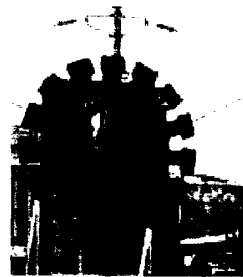
The meshing below indicates clearly a «noisy» surface over ballast and «flat» surface over the sleepers.



3D meshing of ballast level

Surroundings

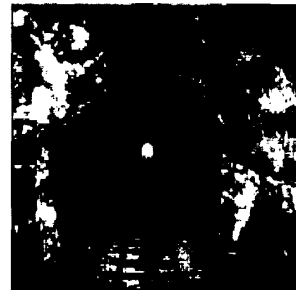
IVOIRE video is a fully digital recording system, synchronized with other sensors. A wide field lens covering 90° allows the camera to be mounted rigidly. Powerful near infrared LEDs illuminate the surroundings, without dazzling the driver of reverse trains.



Video and IR lighting unit

Video acquisition is carried out with :

- . 1 m spacing at 100 km/h
- . 6 mm resolution over 6 x 6 m² field of view in front of the train.



IR video in tunnel (night)



Daylight record

Automatic track inspection system



CHARACTERISTICS

- Currently operated by SNCF
- Measuring speed
 - up to 300 km/h on high speed lines
 - up to 120 km/h on main lines
- Fault detection on the railhead
- Fastening inspection (fasteners, bolts, nuts and sleepers)
- Ballast level in cases (between rails and sleepers)
- Video recording of the surroundings

四、法鐵軌道工程規範

軌道檢測從內容上可分為軌道部件狀態檢測、軌道幾何形位檢測及行車平穩性檢測；從檢測方式上可分為靜態檢測和動態檢測。軌道檢測是軌道科學維護管理的基礎，同時也為軌道結構設計、損害原因分析及維護標準制定等提供試驗依據。

軌道幾何形位動靜態檢測

1. 靜態檢測

靜態檢測利用檢測工具沿線路逐點進行，包括線路和道岔幾何形位檢測。線路幾何形位檢測的主要項目有：軌距(含曲線軌距加寬)、水平(含曲線外軌超高、線路扭曲或三角坑)、軌向(含曲線圓順程度)、高低及軌底坡。道岔幾何形位的檢測項目主要有：道岔各部分軌距、水平、高低、導曲線支距、查照間距、尖軌與基本軌的密貼程度等。

沿線路等間距設測點，定期用道尺測量軌距及水平。線路扭曲檢測包含於水平檢測中，依據扭曲管理的基長(2.5m 或更長)，計算與基長相對應測點間的水平變化率，即為線路扭曲率。高低檢測採用 10m 弦沿軌頂縱向測量軌面的上拱或下凹正矢，測量時應注意扣除豎曲線的影響。軌向檢測中，直線地段首先目測線路方向，必要時採用 10m 弦沿軌頭內側邊測量正矢，並與計劃正矢比較，判定曲線是否需要整正。

2. 動態檢測

軌道幾何形位動態檢測的設備主要是軌檢車。包括左右軌的前後高低、左右軌的軌向、水平、左右軌面的不平順、曲線外軌超高、曲線半徑、軌距、線路扭曲、車體水平和垂直振動加速度、左右軸箱垂直振動加速度等。除檢測軌道幾何形位外，還可以從輪軌相互作用和行車平穩性等方面對軌道狀態作出綜合評價。

軌檢車由檢測裝置和數據處理系統兩大部分組成。檢測裝置包括：慣性基

準軌道不平順測量裝置、光電軌距測量裝置和多功能振動測量裝置等。數據處理系統包括：模數轉換器、計算機、印表機等組成。

軌距檢測採用光電式軌距測量裝置，應用電學、磁學和光學原理，通過不同的傳感器，把軌距幾何量值的變化轉換成電容、電感和電流或電壓等電氣參數的變化，實現動態條件下軌距的無接觸測量，這種測量方法不但適用於常速軌檢車，在高速軌檢車上也普遍適用。測量前後高低和左右水平時，採用慣性基準軌道不平順測量裝置。該裝置應用質量－彈簧－阻尼系統構成慣性基準，對軌道不平順和水平進行測量。車體和軸箱振動加速度檢測採用多功能振動測量裝置。

軌檢車載數據處理系統能對測試結果進行實時處理。由各檢測裝置測得的模擬信號通過模數轉換器轉化為數字信號，輸入計算機進行分析和處理。處理結果打印成圖表，給出某段線路上各檢測項目的平均值、標準差、各級超限峰值及最大超限值、累計超限罰分值等。同時，模擬信號還被記錄在波形記錄儀或模擬磁帶機上，供進一步分析和處理用。

法國高速鐵路對軌道的維修管理按軌道的平順狀態分為四級：

- (1)目標值 (VO) 新線鋪設和維修作業後應達到的質量標準
- (2)警告值 (VA) 對達到或超過該值的軌道不平順實施重點觀測，分析其發展變化情況並做出維修計劃。
- (3)干預值 (VI) 對於達到或超過該值的地點或區段實施必要的維修作業，一般在 15 天之內予以實施，並使其達到目標值。
- (4)限速值 (VR) 對於達到或超過該值的地點或區段，列車必須降速行駛，並以任何可能的手段包括手工作業予以整治消除。

除此之外，法國高速鐵路還用車體振動加速度和轉向架振動加速度來評價軌道平順狀態。法國高速鐵路軌道不平順管理標準見表

法國高速鐵路軌道不平順管理標準

	橫向振動加速度(m/s ²)		高低(mm)		軌向(mm)	
	車體	轉向架	12.2m 基長 半峰值	31m 基長 峰—峰值	10m 基長 半峰值	33m 基長 峰—峰值
VO			3		2	
VA	1.2	3.5	5	10	6	12
VI	2.2	6	10	18	8	16
VR	2.8	8	15	24	12	20

法國高速鐵路在對局部軌道不整進行分級管理的同時，還對區段軌道不整的整體整性進行綜合評價管理，即用 300m 區段軌道不整絕對值的滑動平均值指數 e 來對 300m 區段軌道不整進行綜合評價管理，綜合指數 e ：

$$e(x_0) = \frac{1}{300} \int_{-\infty}^{x_0} y(x) \exp\left(\frac{x-x_0}{300}\right) dx$$

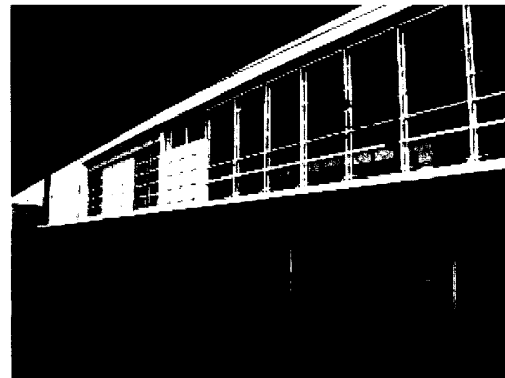
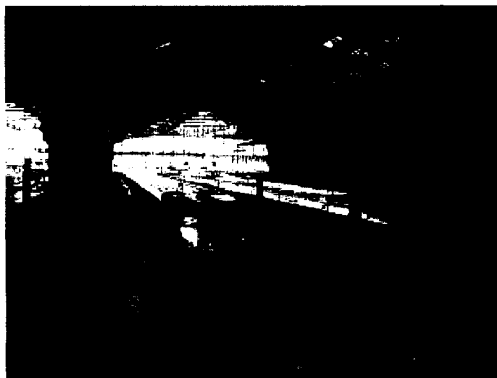
其中， $y(x)$ 為軌道不整函數，標準差 σ 與指數 e 的關係式為， $\sigma/e=1.38$ 。法國高速鐵路的維修計劃主要按照該綜合指數來制定，並且將其分為兩個限界值 $L1$ 和 $L2$ 。上限值 $L2$ 這是一介臨界上限值，超過該值意味著軌道整狀態將迅速惡化，並且僅能透過機械起撥道搗固作業難以將路線恢復至應有的質量等級（應有平的整狀態）。下限值 $L1$ 這是一個提示目標值，在此值之下說明軌道平整狀態優良，不需要進行維修（除局部軌道不整外），達到或超過此值則需安排維修。通常法國高速鐵路以高低不整綜合指數 $e-NL$ 是否達到或接近該值來考慮安排維修計劃。

高速扶路軌道不整綜合指數標

項目	140 km/h 以下		160~200 km/h		200 km/h 以上		300 km/h	
	L1	L2	L1	L2	L1	L2	L1	L2
高低	0.8	1.2	0.7	1.0	0.6	0.8	0.3	0.6
水平	0.6	0.8	0.5	0.7	0.4	0.6	—	—
方向	1.2	2.0	1.0	1.6	0.9	1.4	—	—
軌距	0.8	1.0	—	—	—	—	—	—

五、法國車站設計

場站設施、造型採用簡單線條設計，對於曲線造型使用相當多，減少折角，
建材簡潔樸素。燈光採用間接照明，產生柔和溫暖感覺，降低車站冷僻感覺。



六、法國新幹線 TGV

TGV 列車諸元【摘錄現代軌道運輸】

車種 諸元	TGV-PSA	TGV-A	TGV-R	TGV-D	Thalys PBA	Thalys PBKA	Eurostar
路線	東南線	大西洋線	北歐線 東南線	東南線	北歐線 (法比荷)	北歐線 (法比德荷)	北歐線 (至英國)
電力系統	AC25kv50Hz z DC1500V	AC25kv50Hz DC1500V	AC25kv50Hz DC1500V DC3000V	AC25kv50Hz DC1500V	AC25kv50Hz DC1500V DC3000V	AC25kv50Hz DC1500V DC3000V AC15kv16 ² /3Hz	AC25kv50Hz DC3000V DC750V
編組	EL+8T+EL	EL+10T+EL	EL+8T+EL	EL+8T+EL	EL+8T+EL	EL+8T+EL	EL+8T+EL EL+14T+EL
長度	200m	237m	200m	200m	200m	200m	393m
出力	6300kw	8800kw	8800kw	8800kw	8800kw	8800kw	14000kw
營運速度	270 km/h	300 km/h	300 km/h	300 km/h	300 km/h	300 km/h	300 km/h
營運起始年	1981 年	1989 年	1993 年	1996 年	1996 年	1997 年	1994 年
備註		515.3 km/h 試驗極速	1067.2 km 超耐力極速	雙層 座席 547 位			

目前 TGV 以巴黎為中心輻射狀營運，大致有三條主要路線如下：

(一)東南線(Sud-Est)

自 1975 年開始興建，並於 1981 年 TGV 開業時通車。從巴黎(Paris)至里昂(Lyon)最早營運，並於 1994 年通至華倫斯(Valence)，2001 年已經延伸至馬賽(Marseille)。營運之初使用 TGV-PSE 高速列車，之後陸續加入 La Poste 郵政列車、TGV-Duplex 雙層列車以及 TGV-R 等車種。通車之初，東南線最高營運速度為 270 公里，路線最大坡度為千分之 35，最小曲線半徑為 4000 公尺，現今路線標準提高工程正在進行，以供 TGV-D 發揮時速 300 公里的性能。

(二)大西洋線(Atlantique)

由於東南線高鐵的成功，促使法國政府及法國國鐵 SNCF 開始擴大 TGV 的運行範圍。首先決定將 TGV 開往大西洋方向，大西洋線自 1985 年開始興建，於 1989 年首先從巴黎至里曼(La Mans)營運，而 1990 年巴黎至杜爾(Tours)亦加入營運，路線總長 282 公里。營運之初使用 TGV-A 高速列車，爾後改行 TGV-R。大西洋線最高營運速度為 300 公里，路線最大坡度為千分之 25，最小曲線半徑為 4000 公尺，

1991 年世界紀錄 515.3 公里/小時即在此線試車產生。

(三)北歐線(Nord-Europe)

TGV 北線的用途，既爲了配合英法海底隧道的工程，以及巴黎-布魯塞爾-科隆-阿姆斯特丹間的國際高鐵聯運而設計的。北線自 1989 年開始興建，1993 年巴黎至里耳開始營運，1994 年 12 月英法海底隧道通車，由巴黎可以直達倫敦，1995 年 1 月從里耳延伸至比利時布魯塞爾，1996 年 6 月至 1997 年 12 月，北歐線連結至德國科隆，以及荷蘭阿姆斯特丹，長度達 333 公里。目前使用 TGV-R、Eurostar 及 Thalys 等高速列車，最高營運速度爲 300 公里，路線最大坡度爲千分之 25，最小曲線半徑爲 6000 公尺，路線標準最佳。

目前 TGV 未來路線發展計劃如下：

- 1.East 線：長 450 km，Paris 至 Strasbourg，預計 2003 年至 2006 年間開始營運。
- 2.Aquitaine 線：長 361 km，Tours 至 Bordeaux，在計畫中，預計 2005 年營運。
- 3.Rhin-Rhone 線：長 425 km，Lyon 至 Strasbourg，在計畫中，預計 2005 年營運。
- 4.Lyon 至義大利 Torino 線：長 251 km，預計 2005 年通車。
- 5.Montpellier 至西班牙 Barcelona 線：長 340 km，預計 2005 年通車。

特別注意的是，TGV 在主線上可以極速行駛，如東南線 270 公里，大西洋線和北線皆是 300 公里，但是 TGV 可以脫離其主線進入舊線區間，速度立即降至 120 公里左右。不過 TGV 往往透過主線加舊線延伸其服務範圍，例如經第戎(Dijon)到洛桑(Lausanne)，經里昂(Lyon)到日內瓦(Geneve)，如此 TGV 的服務路網遠超乎想像。往往隨著高速鐵路路線的擴建，突然有一天去某地原本需要五小時的行程變成三小時，這正是 TGV 給法國民眾最深刻的印象。

TGV 列車的共通特徵爲推拉式動力集中方式(Push-Pull)，以及客車間採用關節式聯結，目前在使用中的車種大致如下：

(一)TGV-PSE

TGV-PSE 於 1978 至 1985 年間製造，屬於第一代高速列車，大部使用於

東南線(Paris Sud-Est)，總計 109 列。列車編組採頭尾各一部動力車，中間 8 部客車(EL+8T+EL)的方式可提供 368 席座位，最高營運速度 270 公里，最高試車紀錄達 380 公里，編組出力 6300kw，使用電壓以法國國鐵 SNCF AC25KV、50Hz，和郊區 DC1500V 兩種。原本 TGV-PSE 為橘色，但在 2001 年已經將全部車輛改成和 TGV-A 相同的銀灰色加藍線，連 TGV 的 Logo 也改成藝術字型。不過，仍可從車頭的二階型車頂，以及連結器蓋印 SNCF 分辨出 TGV-PSE，車頭編號也多為十位數字。

(二)TGV-A(Atlantique)

這批 TGV-A 於 1989 至 1992 年間製造，屬於第二代高速列車，1989 年起使用於大西洋線，總計 105 列。列車編組採頭尾各一部動力車，中間 10 部客車(EL+10T+EL)的方式，比 TGV-PSE 多兩節可提供 485 席座位。最高營運速度 300 公里，最高試車紀錄達 515.3 公里，編組出力提高至 8800kw，由於使用電壓和 TGV-PSE 相同，僅為兩電力式，故今日已經大量被改造成 TGV-R(三電力式)。

(三)TGV-R(Region)

TGV-R 於 1992 年至 1996 年間製造，1993 年起使用於北歐線及東南線，共產 110 列。該型列車為 TGV-A 的直接改良型，但少兩節拖車，列車編組採頭尾各一部動力車，中間 8 部客車的傳統(EL+8T+EL)方式，可提供 377 席座位，出力仍為 8800kw，最高時速 300 公里。不過 TGV-R 的 Region(法文 Réseaux)所代表的“區域網”即代表邁向國際性共通行駛，所以 TGV-R 與 TGV-A 的最大分別，乃在原有的交直流兩電力外，加入第三電力 DC3KV，可行駛至義大利和比利時。所以 1995 年 1 月 TGV-R 也配合北歐線通車至布魯塞爾，不過後來 TGV-R 分成國內(藍色版)及國際(紅色版)以資分別，後者導致現今 TGV Thalys PBA 的誕生。

(四)TGV-D(Duplex)

TGV-D即雙層客車，有鑑於東南線客運日增，原有TGV-PSE運量不足，故於1996年起生產投入東南線營運，尤其是巴黎和里昂間的新建高速幹線上，最高時速300公里。列車編組同樣為EL+8T+EL，不過席位大增至547個，出力同TGV-R一樣為8800kw。

不過由於TGV-D成功地用於幹線上，所以電力系統僅用原有TGV-A和TGV-PSE的雙電力式。其他邊際延伸線到安錫、第戎等，則交給原有的TGV-PSE，或TGV-R去跑，目前巴黎里昂的幹線完全改用TGV-D。1997年由於北歐線連結荷、比、德三國完成，即利用TGV-D的流線形車頭，改裝成四電力式並塗成酒紅色，促成TGV Thalys PBKA的誕生。

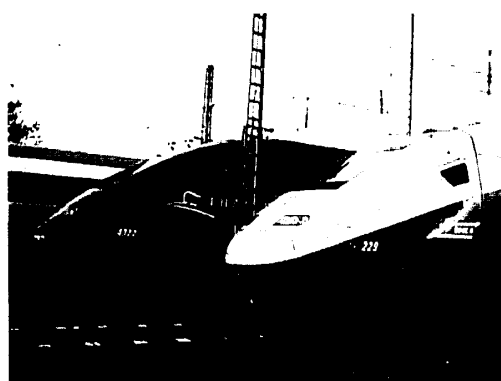
(五)TGV Thalys PBA

TGV Thalys PBA即是原有的TGV-R改塗酒紅色，行駛荷、比、法三國，PBA分別代表Paris巴黎、Brussels布魯塞爾和Amsterdam阿姆斯特丹，從1996年6月起用於北歐線。具有三電力系統(AC25KV 50Hz，DC1.5KV，DC3KV)，而Thalys標槍女神代表神速如箭之意，出力8800kw，座位377個，最高營運時速300公里。Thalys的誕生也正式代表從1996年起TGV取代TEE，成為歐洲國際線快車的主流。

(六)TGV Thalys PBKA

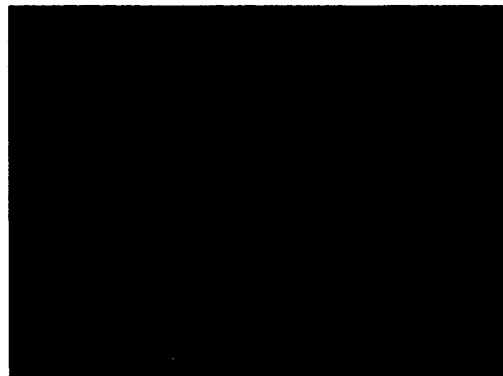
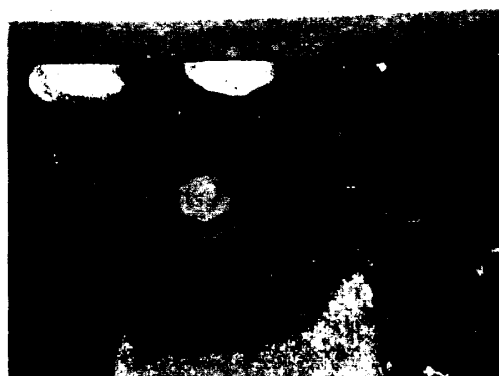
Thalys PBKA從1997年6月起巴黎至科隆間開始營運。由法國SNCF、比利時SNCB、荷蘭NS和德國DB四國一起投資研發的Thalys PBKA，相較於原有TGV Thalys PBA，加入了科隆Köln成了PBKA；所以三電力式多了德國的電力AC15KV16又2/3Hz，成了四電力式。加上荷德的號誌靠左，法比的號誌靠右，因此大幅改變車頭的設計，改成駕駛座在中間的單片式擋風玻璃，並強化其耐撞結構。故以TGV-D車頭作藍本，塗以酒紅色，成為四國研發的創作結晶。TGV Thalys PBKA最

高時速 300 公里，編組為 EL+8T+EL，座位數 377 個，出力仍為 8800kw。
目前歐洲國際路網風頭最健者，實非 TGV Thalys PBKA 和 ICE3 兩種國際列車莫屬了。



七、法國軌道結構

法國鐵路還有很多路線使用木枕，地鐵段木枕保持還相當良好，但鋼軌狀況並不理想，舊線地段還有未長軌化。軌道維修管理不如日本，但在檢查車觀查電車線，法國在這方面技術遠勝日本新幹線。



肆、結論與建議

- 一、法國為世界上都會區三鐵共構運輸發展成功之重要典範之一，其特徵是在良好之社經活動—土地使用—運輸系統配合之架構下，利用各種「運輸需求管理」、「大眾運輸管理」手段，作大眾運輸導向之發展。高速度、高發車密度、高服務品質之鐵路系統，在大型與中型都會區，以及高密度之城際運輸走廊，扮演大眾運輸系統中主要動脈之角色；同時，較簡易之鐵路系統，如輕軌鐵路與傳統鐵路，在大眾運輸系統中，扮演次要幹線之角色，此均可作為國內在交通運輸政策導向之參考。
- 二、法國車站設計造型採用簡單線條設計，對於曲線造型使用相當多，減少折角，建材簡潔樸素。燈光採用間接照明，產生柔和溫暖感覺，降低車站冷僻感覺。場站設施裡有離站與到站兩種看板，顯示車班號碼、啓程與抵達時間、誤點指示、月台號碼、火車行經站名與起訖站名等，提供旅客重要資訊，票務系統完全以方便旅客購買及進出站為原則，至於旅客動線安全設施則均以人民守法之精神為基礎及合乎經濟為考量。
- 三、軌道檢測是軌道科學維護管理的基礎，同時也為軌道結構設計、損害原因分析及維護標準制定等提供試驗依據，法國已發展利用高速攝影技術運用在軌道檢測方面，包括石碴斷面、枕木損傷、扣夾位置、鋼軌損傷、電車線磨耗等量測技術獨步全球，未來國內軌道檢測系統可參考使用，除可節省人力外並可提高工作效率，維護鐵路行車安全。
- 四、法國鐵路建設的尖端技術在於熱能和電能的推動控制，機械和列車材料的安全，無高速運行而引起的耳朵不舒服感覺，安全、控制、操縱和信號設備各方面軟體的性能良好。高速火車創造了五百一十五公里的世界最高輪軌車輛時速紀錄。