

行政院所屬各機關因公出國人員出國報告書
(出國類別：考察)

考察國外公車捷運系統規劃及營運機制
報告書

服務機關：行政院第三組

出國人職稱：參議

姓名：范琳珮

出國地區：法國、德國

出國時間：100年8月24日至9月3日

報告日期：中華民國100年11月30日

目 錄

目 錄.....	1
圖目錄.....	3
壹、前言	5
貳、參訪行程紀要	5
參、參訪內容概述	7
一、 法國史特拉斯堡輕軌.....	7
(一) 史特拉斯堡概述.....	7
(二) 史特拉斯堡輕軌發展.....	8
(三) 輕軌路線興建.....	9
(四) 輕軌列車.....	11
(五) 車站設施.....	12
(六) 平面交通相關設施.....	12
二、 德國弗萊堡生態社區與輕軌.....	15
(一) 弗萊堡概述.....	15
(二) 弗班生態社區.....	15
(三) 瑞塞福.....	20
(四) 弗萊堡輕軌路線概述.....	22
(五) 輕軌列車及車站.....	22
(六) 架空線與電桿處理.....	25
三、 法國波爾多輕軌.....	27
(一) 波爾多概述.....	27
(二) 波爾多輕軌系統.....	27
(三) 輕軌路網建設.....	28
(四) 輕軌系統.....	32
(五) 營運概況.....	34
(六) 輕軌機廠.....	34
四、 法國克萊蒙費朗輕軌.....	36
(一) 克萊蒙費朗概述.....	36

(二) 克萊蒙費朗輕軌系統.....	36
(三) 輕軌系統設施.....	37
(四) 營運概況.....	39
(五) 輕軌機廠.....	40
五、 法國里昂輕軌.....	43
(一) 里昂概述.....	43
(二) 里昂輕軌系統.....	43
(三) 興建過程與經費.....	47
(四) 系統設施.....	47
(五) 列車型式.....	48
(六) 輕軌機廠.....	49
六、 法國巴黎 T3 線輕軌.....	51
(一) 巴黎概述.....	51
(二) 巴黎輕軌系統.....	51
(三) 巴黎 T3 線輕軌.....	51
(四) T3 線興建過程與經費.....	52
(五) T3 線系統與設施.....	52
(六) T3 線延伸段工程.....	55
肆、心得與建議事項.....	59

圖目錄

圖 3.1-1	史特拉斯堡歐洲議會及歐盟象徵團結之雕塑	8
圖 3.1-2	史特拉斯堡輕軌系統路線圖	10
圖 3.1-3	史特拉斯堡輕軌 5 線交會之 Homme De Fer 站	10
圖 3.1-4	史特拉斯堡 Gare Centrale 車站及月台售票機及驗票機	11
圖 3.1-5	史特拉斯堡輕軌車站月台自動售票機及驗票機	11
圖 3.1-6	史特拉斯堡輕軌電車內部設施	12
圖 3.1-7	史特拉斯堡地下隧道段輕軌 (A 與 D 共線)	13
圖 3.1-8	Gare Centrale 輕軌 C 線終點站及其端點	13
圖 3.1-9	Gare Centrale 站前腳踏車停車場及地下 1 樓腳踏車租借	13
圖 3.1-10	史特拉斯堡輕軌系統軌道間植草皮	14
圖 3.1-11	史特拉斯堡輕軌系統平面交通界面設施	14
圖 3.2-1	弗班社區組織運作網絡	17
圖 3.2-2	弗班社區道路路網	18
圖 3.2-3	弗班社區風貌及其輕軌	19
圖 3.2-4	弗班社區之垃圾與資源回收空間	20
圖 3.2-5	瑞塞福社區環境及生態自然水系	21
圖 3.2-6	弗萊堡輕軌路線圖	22
圖 3.2-7	弗萊堡輕軌列車色彩鮮活潑	23
圖 3.2-8	弗萊堡輕軌列車如風景畫的彩繪	23
圖 3.2-9	弗萊堡輕軌簡潔之車站	24
圖 3.2-10	弗萊堡輕軌車站資訊設施	24
圖 3.2-11	弗萊堡輕軌車站	24
圖 3.2-12	弗萊堡鐵路車站及跨越之輕軌	25
圖 3.2-13	弗萊堡鐵路車站跨越橋之輕軌車站	25
圖 3.2-14	弗萊堡輕軌架空線及其電桿	26
圖 3.3-1	波爾多輕軌路網示意圖	30
圖 3.3-2	波爾多引進輕軌之前後對照圖	32
圖 3.3-3	波爾多市中心區使用地面供電系統 (APS)	33
圖 3.3-4	波爾多 APS 地面供電系統軌	33
圖 3.3-5	波爾多輕軌月台	33

圖 3.3-6	波爾多輕軌列車部與駕駛艙	34
圖 3.3-7	波爾多輕軌車站售票機及列車上驗票機	34
圖 3.3-8	波爾多輕軌機廠及行控中心	35
圖 3.4-1	克萊蒙費朗輕軌路線及沿線轉乘停車場示意圖	37
圖 3.4-2	克萊蒙費朗紅色輕軌列車	38
圖 3.4-3	克萊蒙費朗輕軌車站	38
圖 3.4-4	克萊蒙費朗輕軌之導軌原理示意圖	39
圖 3.4-5	膠輪導軌電車系統最大爬坡與轉彎半徑	40
圖 3.4-6	克萊蒙費朗輕軌機廠及其軌道	40
圖 3.4-7	克萊蒙費朗機廠配置圖	41
圖 3.4-8	克萊蒙費朗機廠車輛清洗線及廠區太陽能板	41
圖 3.4-9	克萊蒙費朗機廠內之行控中心（左圖為輕軌、右圖為公車）	42
圖 3.5-1	里昂公共運輸路網示意圖	44
圖 3.5-2	里昂輕軌 T4 路線示意圖	45
圖 3.5-3	里昂 Etats-Unis 大道引進輕軌前後對照圖	46
圖 3.5-4	里昂輕軌簡潔之架空線及車站月台	48
圖 3.6-5	巴黎 T3 線延伸段道路空間調整示意圖	55
圖 3.6-6	巴黎 T3 線延伸段路基及道路斷面圖	56
圖 3.6-7	巴黎 T3 線延伸段施工中之人行道	56
圖 3.6-8	巴黎 T3 線延伸段施工中之月台	57
圖 3.6-9	巴黎 T3 線延伸段軌道鋪設	57
圖 3.6-10	巴黎 T3 線延伸段軌道鋪設 2	57
圖 3.6-11	巴黎 T3 線延伸段道路交叉口	58
圖 3.6-12	巴黎 T3 線公共協調處委員解說施工概況	58

· 壹、前言

以公共運輸為導向的交通發展策略，為達成環保與節能、環境永續發展的重要方法之一，而公共運輸系統中的導軌式公車捷運系統（部分可稱為輕軌運輸系統），為許多先進國家推動已久且普遍採用的公共運輸工具，惟該等運輸工具尚未納入我國公共運輸系統中，對我國而言，導軌式公車捷運系統及輕軌運輸系統，尚屬新型運輸系統。

輕軌運輸系統，係使用導引、電力驅動之客運運輸系統，係一介於且兼具公車與捷運兩系統特性之大眾運輸系統，因其在車輛斷面尺度、列車組成、建造型式、路權型式、控制系統等特性具較大之彈性運用，可因地制宜、同一路線可單獨或混合採用共用路權、隔離路權、專用路權，相對於高運量鋼軌鋼輪捷運，因輕軌列車具軸重較輕、較小車輛界線、列車長度較短及可行駛於較小曲線半徑之特性。輕軌運輸系統，可依地方實質環境與交通需求特性等調整規劃，已成為都市大眾運輸工具多元選擇之一。

為解決都市交通問題，法國各都市很早即開始發展大眾運輸系統。最早的大眾運輸系統是公共馬車，再逐步演進為公車，有軌及無軌電車，以及捷運系統。巴黎第一條捷運通車迄今已超過百年，已興建捷運系統、設置有軌或無軌電車運輸系統的城市則難已數計，這些交通運具多能融入當地環境，有助於都市景觀的改善與形象的提昇。

瞭解上開業務推動之經驗，學習其功能特性、發展歷程、規劃構想、興建與維運成本、營運機制等經驗，可作為我國研擬公共運輸策略時之重要參據，同時利於相關案件之審核。

· 貳、參訪行程紀要

日期	星期	行程
8/24	三	搭機啟程（臺北～香港～法國） 國泰航空 19:35 桃園國際機場出發
8/25	四	06:30 抵達法國巴黎戴高樂機場 09:35 搭飛機巴黎～法國史特拉茲堡 Strasbourg 10:40 抵達史特拉茲堡 參訪

日期	星期	行 程
		夜宿史特拉茲堡
8/26	五	史特拉茲堡 參訪 夜宿史特拉茲堡
8/27	六	09:22 史特拉茲堡～德國奧芬堡 Offenburg～弗萊堡 Freiburg 11:42 抵達弗萊堡 參訪 夜宿弗萊堡
8/28	日	弗萊堡 參訪 15:28 弗萊堡～奧芬堡～史特拉茲堡 19:15(TGV)～巴黎 21:34 抵達巴黎 夜宿巴黎
8/29	一	07:10 巴黎(TGV)～波爾多 Bordeaux 10:18 抵達波爾多 參訪 19:47 波爾多～巴黎 23:05 抵達巴黎 夜宿巴黎
8/30	二	07:01 巴黎～克萊蒙費朗 Clermont-Ferrand 10:25 抵達克萊蒙費朗 參訪 17:29 克萊蒙費朗～巴黎 20:52 抵達巴黎 夜宿巴黎
8/31	三	08:54 巴黎(TGV)～里昂 Lyon 10:51 抵達里昂 參訪 18:00 里昂～巴黎 20:07 抵達巴黎 夜宿巴黎
9/1	四	巴黎 參訪 夜宿巴黎
9/2	五	搭機返臺 13:50 巴黎戴高樂機場～香港～臺灣
9/3	六	12:15 抵達桃園國際機場

· 參、參訪內容概述

前言

法國都市公共運輸系統之財源籌措方式，包括票箱收入（約占營運成本 1/3）、向企業徵收交通稅（大眾運輸系統便利員工準時上班以提供勞務，企業是最大的獲益者，應作較多的貢獻）、向地方政府地抽取地方稅，以及由中央政府補助（中央為貫徹公共運輸政策，支持建設公共運輸系統並更新既有路網，但不補助營運，並視計畫特性對交通建設作不同的補助，對公車或輕軌系統最高可補助 35%，對高架或地下式捷運系統則最高補助 20%）。

一、 法國史特拉斯堡輕軌

（一） 史特拉斯堡概述

史特拉斯堡位於法國東端，與德國隔萊茵河相望，是法國阿爾薩斯大區和下萊茵省的首府。史特拉斯堡人口數約 27 萬人，如將周邊市鎮構成的城市圈人口計入，則人口數超過 64 萬人，是法國東北部人口最多的城市，為法國人口數第 7 大城市。

史特拉斯堡目前屬於法國領土。歷史上，德國和法國曾多次交替擁有對史特拉斯堡的主權，因而該市在語言和文化上兼具法國和德國的特點，是這兩種不同文化的交匯之地。

史特拉斯堡有歐洲聯盟許多重要機構，包括歐洲理事會、歐洲人權法院、歐盟反貪局、歐洲軍團（Eurocorps）、歐洲視聽觀察，以及著名的歐洲議會。

史特拉斯堡擁有許多歷史建物，位於運河圍繞之「小法國區」，1988 年被聯合國教科文組織列為世界文化遺產的，保留著曾經被德、法兩國雙重洗禮的多元外貌。城中區還有哥德式建築的主教座堂、以及主教座堂周圍中世紀風格的街道和廣場（如座堂廣場、聖艾蒂安廣場），另外尚有許多歷史悠久具有特色之公園等，是具有豐富歷史建築與美麗風光之城市，也是法國東部著名之觀光城市。

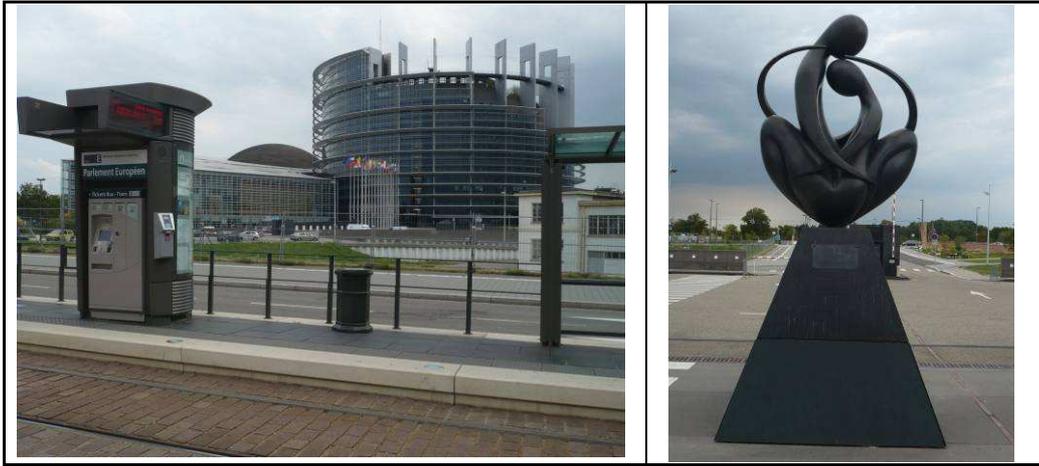


圖 3.1-1 史特拉斯堡歐洲議會及歐盟象徵團結之雕塑

(二) 史特拉斯堡輕軌發展

史特拉斯堡輕軌電車於 1878 年開始營運，於 1930 年代開始走下坡。第 2 次世界大戰以後，輕軌電車路線面臨著其他交通工具，如巴士、自行車和私人汽車的競爭，於 1960 年被取消，而冀予巴士取代；但輕軌電車路線被取消、結束所有的服務後，私人汽車大幅成長且成為重要之交通工具。

由於史特拉斯堡日益嚴重的交通壅塞和污染問題，1989 年市長選舉期間，凱薩琳女士提倡以人性化的輕軌系統取代缺之人情味的全自動捷運系統，強調以地面電車恢復都市的原貌，其推展輕軌的策略如下：

- 1、將汽車行駛的主要道路改為輕軌與行人使用空間。輕軌運輸系統為城市主要的交通工具，享有優先行駛權，檢討取消多項停車場增建或擴建計畫，刪除在市中心停車格位，經費轉投資提升公車系統，以改善輕軌接駁服務，於市中心大量劃設禁止汽車駛入之輕軌／人行徒步區，並規劃 160 公里自行車專用道與數條穿越市中心的地下汽車道，使通過性交通由地下隧道通過市區，維護都市空間品質，以供給導向手段迫使私人汽車喪失競爭力。
- 2、地面的運具成為街道之延伸，而非空間的阻隔。輕軌運輸系統不僅是一種公共運輸系統，更是都市設計的標的，強調輕軌車輛造型、顏色，並於軌道間遍植草皮、路線兩旁植大樹，將輕軌系統設計為「移動的地標」，作為引領史特拉斯堡邁入 21

世紀的象徵。

- 3、與市民一起面對都市交通問題，期望重新省思市民與環境的新關係，並導入成長管理概念，實現城市永續經營理想。運用市民共識建立評選方式、以獨特輕軌系統計畫凝聚人心。

1990年重新投入現代化輕軌電車系統更新計畫，並以公共運輸強化該市的特色與地位。經過2.5年的研究與規劃，1.5年的施工，1994年第1條輕軌系統A線完工通車，而地面式輕軌電車之每公里單位造價1.9億元法郎，為地下式輕軌捷運每公里3億元法郎的2/3。

(三) 輕軌路線興建

史特拉斯堡輕軌電車系統，由CTS（史特拉斯堡大眾運輸公司）營運，共有A、B、C、D、E和F等6條線，A線和D線於1994年完工通車，因初期營運順利，增加了公共運輸各項服務使用率、減少小汽車運具之使用率等，促成延伸計畫之推動；B線和C線於2000年完工通車，E線和F線則分別於2007年、2010年完工通車。A、B、C、D和F，此5條輕軌共同交會於Homme De Fer站，同時建構出法國唯一的網狀且規模最龐大的輕軌路網。路線總長約55.8公里。

- (1) A線：Hautepierre 至 Illkirch Lixembuhl，長12.5公里，其中1.2公里為地下隧道段，設22個站。
- (2) B線：北起Hoenheim Gare 鐵路車站，西南至Lingolsheim Hoenheim (14.7公里)，設27站。
- (3) C線：由Gare centrale 鐵路車站至東南Neuhou
- (4) D線：西北的Ronde 至東部Aristide Briand地區。
- (5) E線：北起Robertsau 南至Boecklin Baggersee。
- (6) F線：南起Elsau 至在東部D'Islande。



圖 3.1-2 史特拉斯堡輕軌系統路線圖



圖 3.1-3 史特拉斯堡輕軌 5 線交會之 Homme De Fer 站

史特拉斯堡輕軌之票證採開放式、自動收費系統，採用無接觸式票卡，車站沒有任何閘門阻攔，由驗票人員不定時、不定點進行驗票，一旦被查獲未依規定購票者，將罰以 30 倍票價金額。由於公車與輕軌同為 CTS 營運，兩者使用單一票證系統，於車站、書報攤、旅遊中心、CTS 專賣店及輕軌站點之自動販機，均可購得。乘客購票後，須於輕軌乘車月台或列車上的機器進行確認後始可使用，其中單程票與 1 日票須於購票後 1 小時內使用，長期使用者可購買月票、年票。



圖 3.1-4 史特拉斯堡 Gare Centrale 車站及月台售票機及驗票機



圖 3.1-5 史特拉斯堡輕軌車站月台自動售票機及驗票機

(四) 輕軌列車

史特拉斯堡輕軌系統車隊目前有 41 列阿爾斯通 Citadis 403 型電車和 53 列 Eurotram 電車 (17 列長 44 公尺、33 列長 36 公尺)。



圖 3.1-6 史特拉斯堡輕軌電車內部設施

(五) 車站設施

車站設有候車亭、自動售票機、驗票機、旅客資訊服務系統，腳踏車轉乘停車場系統。

Gare Centrale 原本為舊鐵路車站，為保留建築物樣貌，改建時乃以輕鋼架與玻璃帷幕將舊車站罩起來，使其有現代化新外觀，同時保留舊有建物的特色風貌。

Gare Centrale 是史特拉斯堡主要鐵路車站，也是法國東部最主要鐵路車站，有 TGV（高速鐵路）與 SNCF（法國國鐵）的區域鐵路 TER 鐵路停靠服務，是史特拉斯堡交通樞紐，同時為輕軌 C 線市區終點站，車站前廣場東側平面設站，另有輕軌 A 線與 D 線於地下穿越，並於 Gare Centrale 地下設站，地下輕軌車站位於地下第 3 層，地下第 1 層有商店與餐廳，以及公共自行車租借站與一般自行車停車場。Gare Centrale 廣場前也有小汽車停車場、排班計程車招呼站、巴士停靠站等。

(六) 平面交通相關設施

輕軌營運，首重輕軌與其他交通界面之處理。就 Gare Centrale 站 C 線輕軌為例，輕軌綠色草坪鋪面成為綠廊，布設於道路中央，緊鄰為自行車與人行道，最外側為汽車車道，兩側行道樹清楚劃分不同運具路權。



圖 3.1-7 史特拉斯堡地下隧道段輕軌（A 與 D 共線）



圖 3.1-8 Gare Centrale 輕軌 C 線終點站及其端點



圖 3.1-9 Gare Centrale 站前腳踏車停車場及地下 1 樓腳踏車租借

輕軌 C 線端點站因有列車調度，路口設置輕軌專用號誌燈，告訴司機前方軌道是否可駛入，通常橫槓燈號為輕軌禁止通行，直槓燈號

允許輕軌通行，另外在輕軌列車行駛之包絡線範圍路口處採用不同鋪面，並劃設白線以提醒車輛與行人，與輕軌間保持之安全空間，又於人行穿越道設置欄杆以防止汽車穿越。



圖 3.1-10 史特拉斯堡輕軌系統軌道間植草皮



圖 3.1-11 史特拉斯堡輕軌系統平面交通界面設施

二、 德國弗萊堡生態社區與輕軌

(一) 弗萊堡概述

弗萊堡 (Freiburg) 位於德國巴登－弗登堡州 (Baden-Württemberg, 人口數及面積皆為德國第三大州), 布萊斯高 (Breisgau) 郡內的一座城鎮, 位於黑森林 (Schwarzwalds) 地區的西南端, 地處歐洲大陸的中心, 德、法、瑞邊境交界, 於 1091 年建城, 至今有 900 多年歷史, 為德國陽光最多、最溫暖的城市, 面積約為 153.07 平方公里, 人口數約為 22 萬。

弗萊堡素有「歐洲生態首都」之稱, 在 1992 年 6 月, 弗萊堡市議會通過一項新的政策: 降低住宅的能源消耗, 一年要低於 65 千瓦熱能, 新的建築物必須符合低耗能的新規範, 並載明在租賃和購買契約內。市政府運用他法定的權利建立有效的環境管理, 並嚴格遵守低耗能的指導方針。弗萊堡有 2 個著名的生態社區: 弗班區 (Vauban district) 與瑞塞福 (Rieselfeld); 弗班區位於弗萊堡市中心南方約 4 公里處, 瑞塞福位於弗萊堡西區。

(二) 弗班生態社區

第 2 次世界大戰後, 弗班區 (Vauban district) 曾經是法國軍隊的軍營, 長久以來一直被排除於弗萊堡的都市發展計畫外。1990 年, 東西德合併, 法國軍隊終於在 1992 年全數撤出德國, 次年, 弗萊堡市政府決定將這塊 38 公頃的土地開發為住宅區, 以抒解弗萊堡的居住壓力。弗班區的都市設計屬於老舊空間再生, 同時弗萊堡一年擁有 1800 個小時的日照時間, 因此自從 1970 年代反核運動開始, 弗萊堡就以太陽能作為能源發展重點, 德國最大的太陽能研究機構 (Fraunhofer Institute for Solar Energy System, ISE) 就座落在此。

弗萊堡市政府在接手規劃弗班區時, 即規劃將弗班區發展為德國永續社區的標竿。為了要達到這個目標, 弗萊堡市政府決定嘗試以一種新形態的方式進行規劃, 核心精神是「學習型規劃」(Planning that learns), 這套結合民眾參與和共同治理的精神, 讓市區規劃能夠有最大的彈性, 同時也讓市民能夠進入決策過程, 奠定了弗班區後續成功發展的基礎。初期由市政府當局設定的細部目標包含供應高品質的平價住宅、高密度市區土地利用、新建建築、公共空間、基礎建設等都必須符合低耗能要求。

弗班區的開發計畫從 1993 年開始，分 3 期開發，於 2006 年完成。初期整地和基礎建設，包含社區中心、幼稚園及小學等開發經費，由中央政府編列 500 萬美元支應；其餘經費則由市政府以合建的方式募資，目前已經全數償清。除此之外，來自民間團體的投資也是重要的財務來源，例如德國環境協會(GermanEnvironment Foundation 在 1996 至 2002 年間挹注了 20 萬美元，歐盟 LIFE 計畫 70 萬美元，同期間之民間投資總額高達 200 萬美元。弗班區有最為人知的三個成功面向：

1、民眾參與

弗班區的成功經驗，與其獨到的社區組織、決策及管理機制有著密切的關係，其中最重要的組織是 1994 年成立的民間社區組織「弗班論壇」(Vauban Forum)，結合聯繫社區民眾、民眾溝通、民眾教育、社區開發、促進民眾參與、資訊供給與技術分享，以及不定時的導覽等。民眾可透過弗班論壇暢所欲言，在民間社區組織上位，還有市政府則召集專家及有關執行單位組成弗班計畫小組 (Vauban Project Group) 以及市議會裡的弗班委員會 (City Council Vauban Committee)，組織運作網絡如圖 3.2-1。市議會裡的弗班委員會是實際上的最終決策單位，但是原則上，只要市政府的弗班計畫小組與民間的弗班論壇雙方取得共識，政策即可執行，由所有居民共同分擔決策風險。這種由民眾參與主導規劃模式，包含整體區域規劃範圍、樓高限制、能源標準、交通概念，都讓實際居住的民眾擁有最大的決定權，商業投資則會被限制在有限的範圍。

2、無車社區與零容忍停車政策(zero-tolerance parking policy)

此項政策最主要的觀念是使用者付費，所有公共空間的使用權，包含道路，都應該是由所有居民共用的。因此在弗班，個人自用車輛是最末端的通勤選項。

為了達到這項目標，在規劃社區公共空間的配置時，參與弗班論壇的團體就有一致的共識，將學校、托兒所、兒童遊樂區及市場納入考量，讓所有家戶都能以步行的距離抵達這些公共場所。

弗班距離弗萊堡市中心只有 3 公里的距離，對外交通大部分可以仰賴單車或大眾運輸工具。目前整個弗萊堡地區有超過

500 公里的自行車步道，超過 5,000 個自行車停車位，並且有 1/3 的通勤族使用自行車或者公車轉騎自行車作為通勤工具。在弗班區的計畫初期，市政府還保留了興建輕軌的土地，輕軌路線與主要連外道路平行，軌道不與車輛搶道，這使得輕軌施工期間不至於造成弗班地區對外交通的混亂。在施工期間，聯外大眾運輸以公車為主。

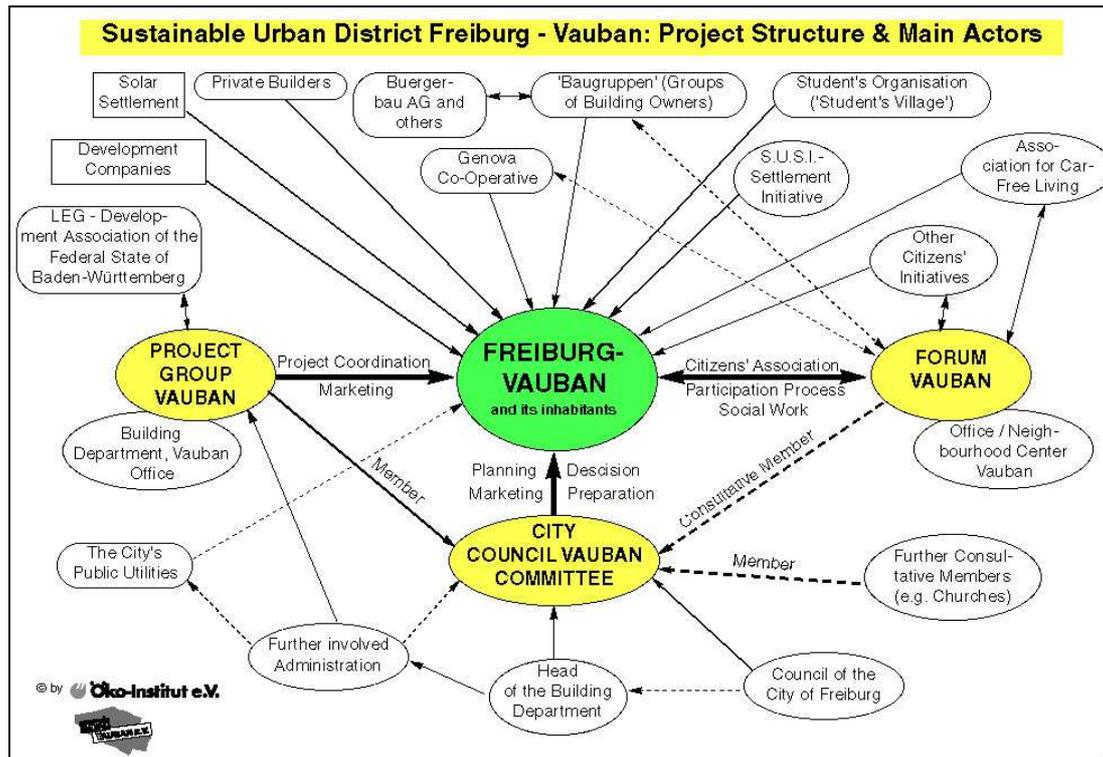


圖 3.2-1 弗班社區組織運作網絡

除此之外，為了鼓勵居民養成共乘的習慣，市政府、弗班論壇及弗萊堡汽車公會 (Freiburg Auto-Gemeinschaft: FAG) 合作推出了一套「通勤套餐」(Mobilitatspaket)。只要居民繳交一定費用購買這項套餐服務，就可以整年享有無限次數的共乘接駁車服務，同時還可以免費轉乘弗萊堡內任何大眾運輸工具，這項服務涵蓋弗萊堡周圍半徑 60 公里的範圍。1 張通行證可以供 2 名成年人加 4 名兒童，或者無限人數的 14 歲以下兒童共用。

充足的大眾運輸服務，還不足以貫徹無車社區使用者付費的理念，因此弗班區還通過了「零容忍停車政策」的規範。所

有在「零停車區」內的住戶，即使擁有自小客車，都必須將車輛停在社區外的公共停車場內。這表示除了保養車輛的成本外，車主還必須付出購買或租用公共車位的成本，以及從住家往返停車位的時間和精力。這項嚴格的規範使得弗班區內有接近一半的家戶選擇不要購買車輛，也使弗班區的家戶車輛擁有率只有德國平均數的 1/3。

無車社區和零容忍停車政策源自於使用者付費的觀念，其衍生的成果，係將原本被車輛佔據的街道和公共空間，都變成兒童的遊戲空間，以及社區居民交流的場所。弗班區的路網系統（如圖 3.2-2），也打造成一個適合無車環境的路網，道路空間配置也著重環境的綠美化及尊重環境使用者使用此空間的權利。

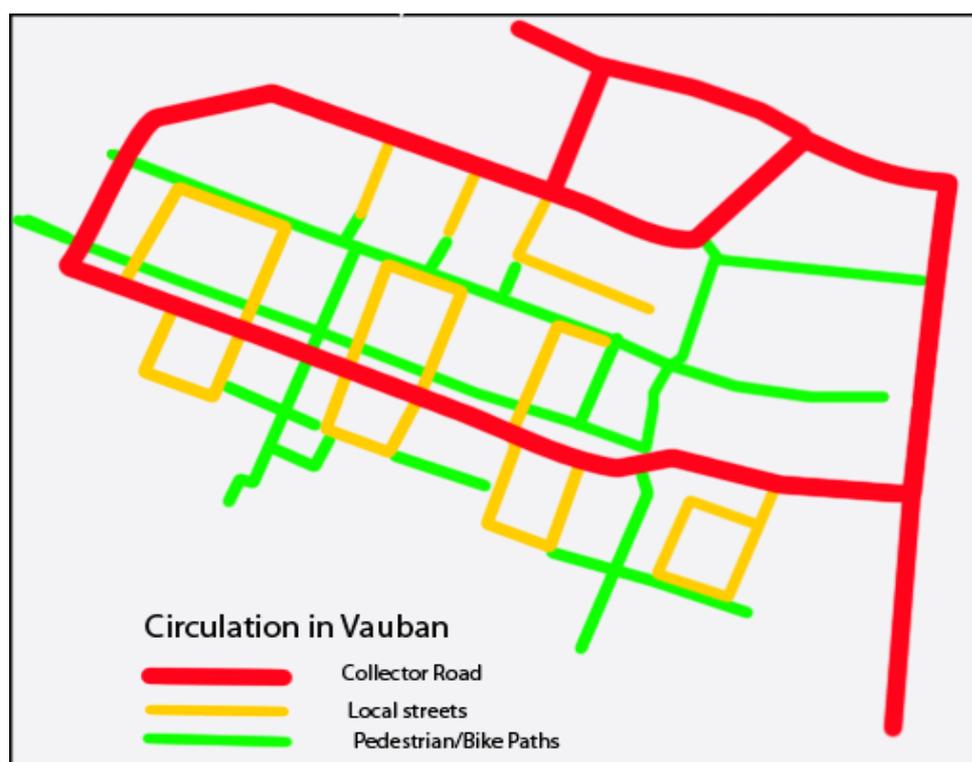


圖 3.2-2 弗班社區道路路網

3、自給自足的社區能源供給

受到 70 年代反核運動的影響，市政府在弗班社區初期規劃時，制訂 65 kWh/m²a 的建築能源標準，目前已經約有 150 戶達到「極低耗能」標準(15 kWh/m²a)的「被動式能源住宅」

(passive house)；還有 100 戶自己生產的能源超過所消耗的能源。弗班是目前歐洲被動是能源住宅密度最高的地區，所謂的被動是能源住宅，指的是將屋內電力、熱能、和冷卻系統作結合。除了太陽能之外，弗班社區有超過 65% 的家戶用電來自區域供電系統。弗班區擁有弗萊堡首創的木屑燃燒與生質能並行發電機組，透過垃圾產生的沼氣，以及燃燒生產剩餘的木屑，產生電力供應社區居民使用。而燃燒過程中的高溫廢氣則可作為區域暖氣循環利用。大量推廣太陽能及社區能源循環系統，讓弗班區每年省下約 7,778 千瓦的電力，並且減少 2,100 噸的二氧化碳排放量。

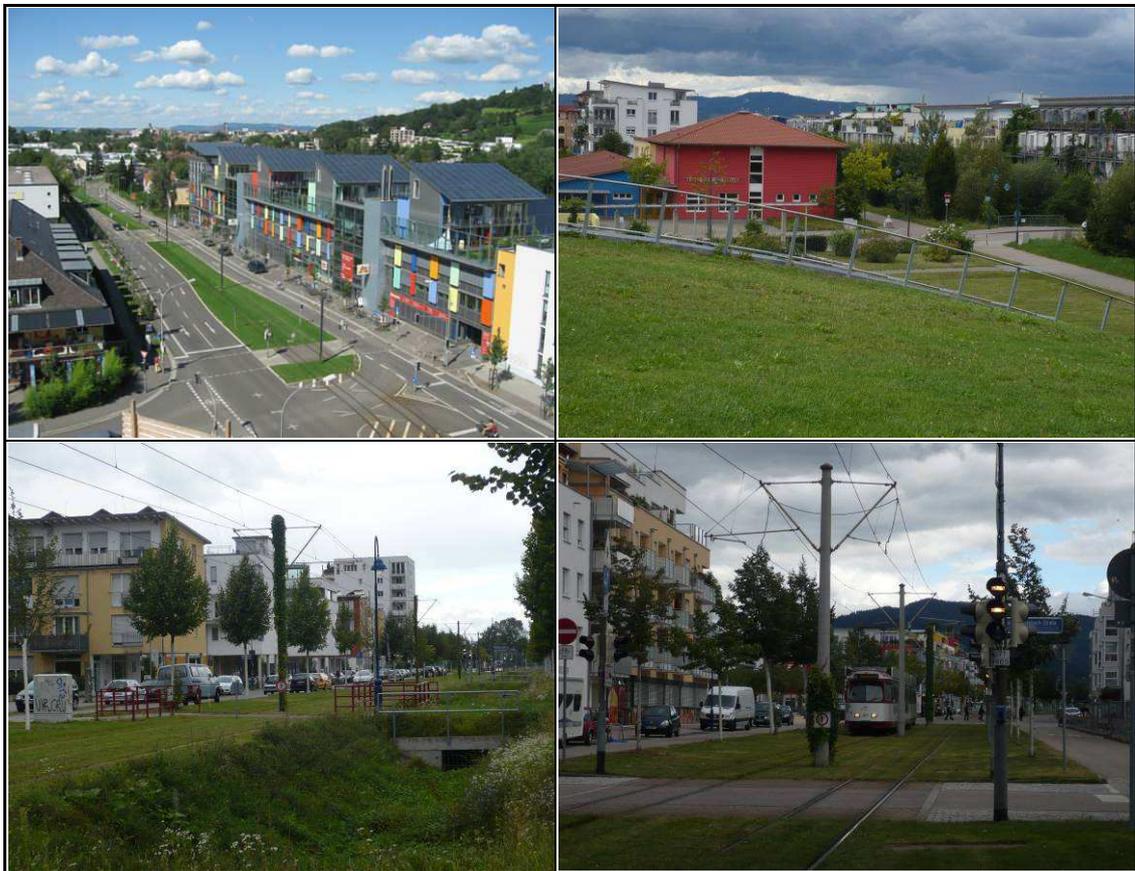


圖 3.2-3 弗班社區風貌及其輕軌



圖 3.2-4 弗班社區之垃圾與資源回收空間

(三) 瑞塞福

瑞塞福 (Rieselfeld) 位於弗萊堡西區，早期為淨水場用地，因弗萊堡優良的生活品質以及新興生態技術產業的興起，吸引了一批新住民，1980 年代弗萊堡住宅呈現短缺；1990 年為瞭解決弗萊堡住宅的不足，提出了瑞塞福新市鎮開發計畫。一開始，為了保護鳥類的重要棲地和維護生物的多樣性，開發計畫遭受反對，最後保留 3/4 的土地為自然保護區，78 公頃作為開發區。

在設定為生態社區後，透過 2 階段競圖累積與創新生態社區的發展經驗。透過國際競圖決定都市城區與建築基本形式，以都市中心傳統的街廓式建築，為空間結構與建築的基本類型，建物群內部有廣大綠地，讓這些住宅更具生態效果並凝聚更佳的社會關係；透過開發商競圖決定建築形式及細部配置等基本規範，包括各種汽車停車場的座落位置、社區開放與活動空間、綠帶的整合、生命週期導向的彈性化公共設施策略（幼稚園、學校、社區活動中心、老人中心等），並於開發之前，將建築形式落實於合約條文中以規範公、私領域。1997 年配合輕軌系統的建構，瑞塞福至弗萊堡市中心商業區只要 15 分鐘。

瑞塞福新市鎮開發計畫採用混合性的土地使用規劃，將工作、居住及商業關係加以整合，將周邊的小商店沿主要大道形成商業區，並與在地居民形成良好夥伴關係，同時運生活大街引進自然風而帶進新鮮空氣，儘量使用太陽能、被動式能源屋，獎勵與追求住宅低能源消耗的新標準（每年低於 65 千瓦熱能），提供社區規劃師駐點服務、成立社區發展組織，協助與支持在地定位與居民生活的規範。

瑞塞福發展出街廓式建築 (Block to Bau) 的永續發展新概念，

並利用合約買賣形式來達到其目標，而這個新概念，落實了 19 世紀末花園城市（Garden City）理想。譬如：汽車停放空間的規劃、腳踏車的停車規劃、前後院串連規劃、不同建築類型的使用規劃、配合法規調節的巷弄、公私空間共存概念以及受社區集體制約的商店使用管制等經營手法。另以生態棲地之概念重構本區之自然水系系統，以公私領域結合的概念將城區外圍工地的小水溝引水進來，階段性進行復育原生種「九眼魚」。

土地是公有的，但政府卻沒有那麼多預算開發。因此，在財務計畫上的考量，無法一次全面性開發，乃分成 4 個階段分期規劃與開發，尋求財務承載可持續的機制。第 1 階段是 1994~2006 年，第 2 階段是 1996~2008 年，第 3 階段是 1998~2010 年，第 4 階段是 2000~2012 年。目前，已開發的第 1 期工程具有以下功能：標榜品質的落實，吸引人們在此購屋的慾望；政府以第 1 期回收的經費進行公共建設，有小學、中學、教堂設施，提高第 2、3 期的投資群，符合永續發展的概念。

持續的環境改善，政策的整合和市政當局對永續性發展原則的自我承諾，秉持著有助於天然資源的保護、有助於防止全球暖化、有助於可持續性能源的使用、對生態環境無害及社會相容的房子等原則下，瑞塞福二氧化碳的排放量較鄰近地區減少 20%。瑞塞福新市鎮開發以 21 世紀的視野與標準，在嘗試行動中躍然成為德國 21 世紀都市計畫、都市生活以及建築技術發展的新指標。



圖 3.2-5 瑞塞福社區環境及生態自然水系

(四) 弗萊堡輕軌路線概述

弗萊堡輕軌採用窄軌系統，路線共有 5 條，交會於市中心舊城區，以幅射狀對外延伸、服務各郊區及新市鎮，如瑞塞福與弗班分別由輕軌 5 號線與 3 號線提供服務，並以輕軌系統成為新市鎮發展之主要廊帶與主軸，透過輕軌，15 分鐘即可到達市中心舊城區，沒有輕軌行經之道路，也有低底盤公車提供便捷服務，約 10 分鐘一班。

(五) 輕軌列車及車站

1、列車

弗萊堡輕軌列車外形非以流線，且非全低底盤車輛，但車廂以當地黑森林、花朵、古典建築、牧場等風景彩繪，色彩鮮艷且生動活潑，與當地地景或建物結合，每一車廂都像一幅動人的圖畫，色彩繽紛，又緊扣當地人文歷史特色，實為城市動態式風景畫。

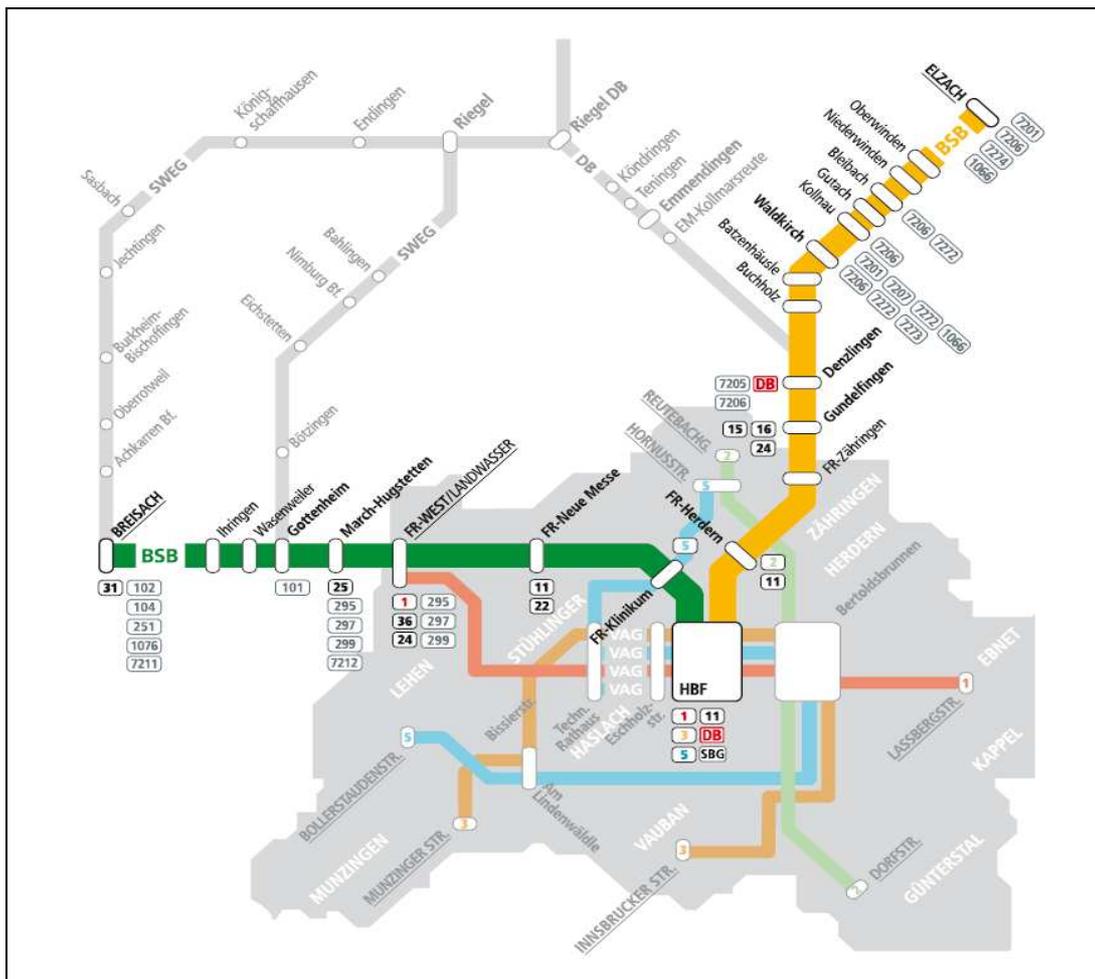


圖 3.2-6 弗萊堡輕軌路線圖



圖 3.2-7 弗萊堡輕軌列車色彩鮮活潑



圖 3.2-8 弗萊堡輕軌列車如風景畫的彩繪

2、車站

弗萊堡輕軌車站，大部分車站之設施相當簡潔，以外觀而言，幾乎與國內公車候車亭相似，設置簡易幾個座位、雨遮、區域交通路網圖、轉乘資訊（包括接駁公車路線、鄰近腳踏車停車場）、票價及廣告等，而路線終點站下車處，也只是設置站牌及列車到站時間顯示器等，並未設置候車亭。

在弗萊堡，較大的車站才設置自動售票機，又舊城區因街道狹小，無法設置車站或候車亭者，則於建築物立面嵌設列車到站之時間顯示器、於人行道上設置站牌；其簡易程度如同國內普遍式公車站般。



圖 3.2-9 弗萊堡輕軌簡潔之車站



圖 3.2-10 弗萊堡輕軌車站資訊設施

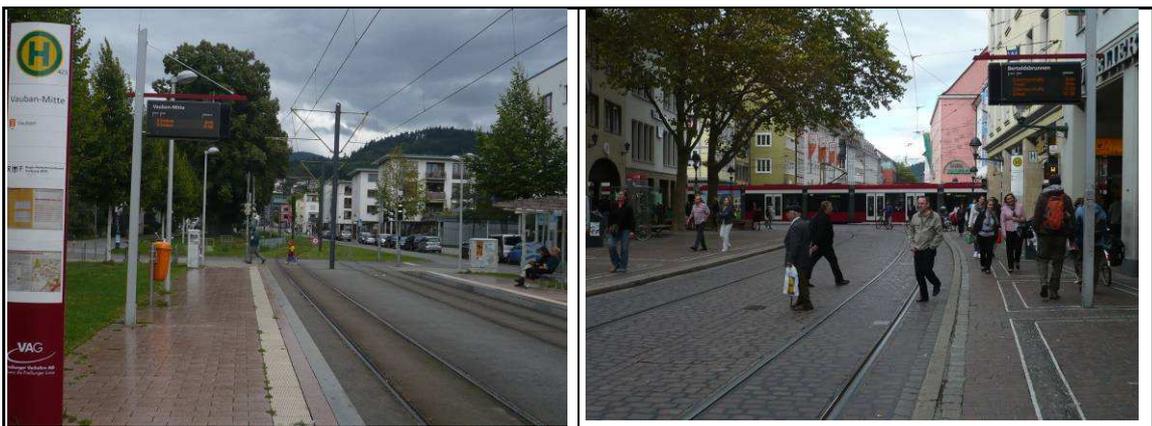


圖 3.2-11 弗萊堡輕軌車站

另外，弗萊堡鐵路車站為弗萊堡地區之交通樞紐，而鐵路也造成兩側交通之阻隔，為使各種運具能於該站轉乘，輕軌系統以橋梁方式跨越弗萊堡鐵路車站，並於橋梁段及鐵路車站月台

上方設站，每個月台都可透過樓梯或電梯到達橋梁上之輕軌車站。

橋梁輕軌之月台，雙向軌道間設有繩索圍籬，規範行人僅能由月台中央或頭尾兩端人行穿越道穿越，並以不同鋪面區隔，以利辨別。



圖 3.2-12 弗萊堡鐵路車站及跨越之輕軌



圖 3.2-13 弗萊堡鐵路車站跨越橋之輕軌車站

(六) 架空線與電桿處理

弗萊堡輕軌與史特拉斯堡輕軌一樣，系統行經舊城區或較狹窄街道時，架空線往往直接利用建築物牆壁釘樁牽引架設，或者利用綠色植栽攀藤包覆架空線電桿，宛如棵棵大樹般融入街景，若不仔細或駐足觀察，頗難察覺，實極具創意且令人驚奇，更深化弗萊堡形塑出生態城市意象。

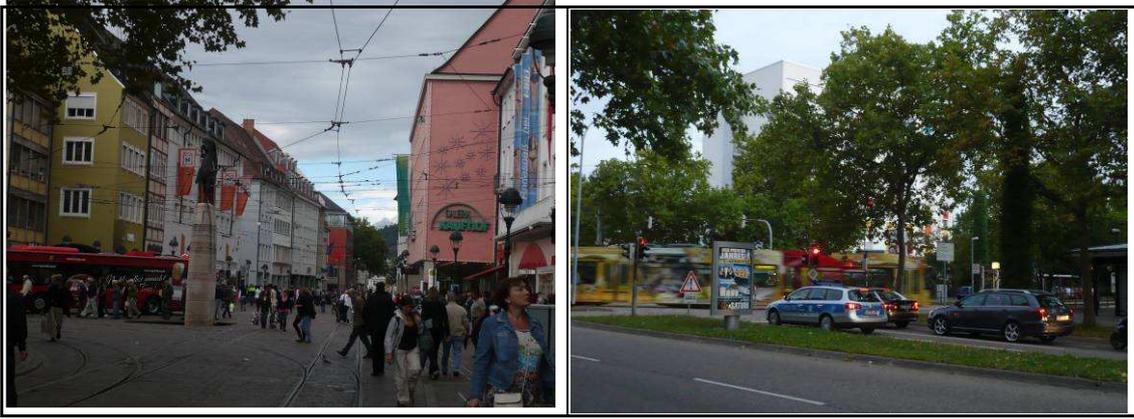


圖 3.2-14 弗萊堡輕軌架空線及其電桿

三、法國波爾多輕軌

(一) 波爾多概述

波爾多 (Bordeaux) 為法國西南區的一個港口城市，人口數約 101 萬人，為法國第六大城市，是阿基坦大區和吉倫特省的首府。曾是法國舊省吉耶納的首府，歷史上屬加斯科涅地區。波爾多發展歷史悠久，由凱爾特人於西元前 300 年左右建立的，稱之為「Burdigala」。此外，波爾多是法國連接西非和美洲大陸最近的港口，也是西南歐的鐵路與交通樞紐。

18 世紀開始，因盛產優質葡萄酒享譽世界，且因為與不列顛群島和德國以及西印度群島進行葡萄酒貿易，18 世紀成為波爾多的黃金期，許多市中心的建築即從此時期開始修建，造就波爾多成為法國最大的歷史藝術保護區 (150 公頃)，2007 年 6 月 28 日，波爾多被列入聯合國教科文組織的世界文化遺產。

(二) 波爾多輕軌系統

波爾多在選擇引進輕軌前，原本擬引進與里爾、雷恩和圖盧茲相同的全自動捷運系統 VAL；在 1989 年地方選舉後，全自動化捷運系統計畫被重新檢視並引起激烈的討論，最後法院裁決該計畫未經過徵詢地方意見而撤銷之。繼全自動捷運系統計畫被撤銷後，波爾多市政府另外研提建設輕軌系統計畫，並採取相關措施，以確保輕軌可以成功推動，相關措施包括：舉辦短期或長期的展覽與展示活動、舉辦公民辯論、發行定期刊物、設立網路論壇、設立工地調解委員會以調查監督工程損鄰事件及瞭解是否有因輕軌而使其原有利益受損的人或團體 (輕軌施工期間共調查了 1,122 個事件，委員會也提供了 1 千萬歐元的補償金，約占第 1 期工程經費的 1.5%)。

波爾多輕軌系統於 2003 年建置完成與營運，事實上其輕軌計畫是配合波爾多城市改造的一項計畫。過去，波爾多市中心因為缺乏規劃與發展，顯得較落後與蕭條，市政府為改變此一情境，多年前乃透過市中心地區之更新計畫，結合控制周邊地區之發展計畫，同時規劃了一個完整的輕軌路網，消除市中心及鄰近加倫河附近的蕭頹區、平衡周圍市郊已開發區之發展、解決鄰近市中心工業區之間置問題等，促進市中心整體之更新與再發展。

波爾多輕軌電車系統經歷了若干次的革新。為確保歷史街區免受電

纜和架空線的破壞，波爾多對輕軌列車外形和顏色、車廂內部及各個站台佈置等之設計，融合了城市風貌，並在長達 10 多公里的線路上，對地面供電系統進行了技術革新，成為全球第 1 個使用 APS 供電技術，即以地面電源系統供電方式，保存了市中心許多歷史悠久的建築物，並避免一般架空線對都市視覺景觀之侵擾，也因此新型交通技術的問世，廣場的空間延伸了，道路重新連為一體，市容景觀不斷被更新，整個城市中供行人使用的場域也愈來愈多，大幅提升整體生活環境品質。

(三) 輕軌路網建設

2000~2004 年為第 1 階段路網建設時期，路線 A、B、C 同時興建，路網總長度約 24.7 公里，設置 53 站，具 44 組列車，為世界第一條採地面供電之輕軌系統，其中地面供電路段長 10 公里。

2004~2008 為第 2 階段路網建設時期，興建 A、B、C 路線之延伸路段，路網總長度增加至 43.3 公里，計有 84 個車站，列車擴充至 74 組，地面供電路段增加至 13.6 公里。第 2 階段總經費 2.116 億元（約每公里 1.8 千萬歐元）。

2008~2014 年為第 3 階段路網建設時期：2008~2010 進行基本與細部設計，2011~2014 為興建期，進行 A、B、C 路線再延伸工程，該延伸路段工程 15 公里。另計畫沿法國國鐵 SNCF 由波爾多至皇陵（Pointe de Grave）鐵路線，另外興建一條輕軌，長約 7 公里，為輕軌與區域鐵路共線，並與輕軌 C 線銜接。第 3 階段完工後路網總長為 65 公里，輕軌車站共計 101 個，列車擴充至 90 組，地面供電路段增加至 14.2 公里。

1、輕軌路線概述

波爾多大眾運輸管理局於 2000 年提出 3 條輕軌路線，做為波爾多都市運輸系統之主要架構，改善都市運輸狀況，整個公車路網也配合重新調整，俾與輕軌路線產生互補。波爾多市政府體認這個計畫對波爾多都市發展有關鍵性影響，於是積極且加快推動辦理，並於 2003 年建置完成與營運，而車站間距大約 450 公尺（如圖 3.3-1）。

輕軌路線營運後，很快成功的成為波爾多市民主要之運輸工具，每天約有輸運 11 萬名旅客，約占波爾多都市地區公共運輸系統運量的 53%。

(1) 路線 A：紫線

路線 A 為東西向路線，由 Mérignac 起，經過加倫河(Garonne river)上之蓬德皮爾石橋 (Pont de Pierre，)，然後分岔為 2 條路線，右側往南至弗羅拉克(Floirac)，左側往北至卡本布蘭德(Carbon Bland)。路線全長約 19.9 公里，設置 41 個車站。

(2) 路線 B：紅線

路線 B 從都會區東北的北卡倫 (Bacalan)至西南端的佩薩克區(Pessac)，其服務 TGV 城際高速鐵路車站及塔倫斯(Talence)校園。路線 B 長約 15.2 公里，設置 32 個站。

(3) 路線 C：粉紅線

路線 C 則從都會區北邊的奧拜 (Aubiers)到南端之貝格勒斯 (Bègles)，本路線為輕軌 3 線中最短路線，長約 8.3 公里，設置 17 個車站。

2、輕軌系統與都市計畫之結合

輕軌系統在波爾多不僅是一個交通工具，更在波爾多都市更新計畫中扮演重要的關鍵角色，除了保存市中心歷史文化遺產（聯合國教科文組織於 2007 年指定其為世界文化遺產）與活化該區域發展外，更強化了波爾多市中心地區與市郊已開發區之間的連結。以下分別就市中心區及市郊已開發區，概述波爾多輕軌系統帶動都市發展之情。

(1) 市中心區

加倫河 (Garonne River)東岸的港口及工業區，曾經是波爾多主要產業、財富來源，但在工業陸續外移或結束後，東岸的再發展便為波爾多的主要課題。1990 年代中期，波爾多市中心面臨經濟蕭條、人口流失、失業率高、港口衰敗及環境汙染等問題。

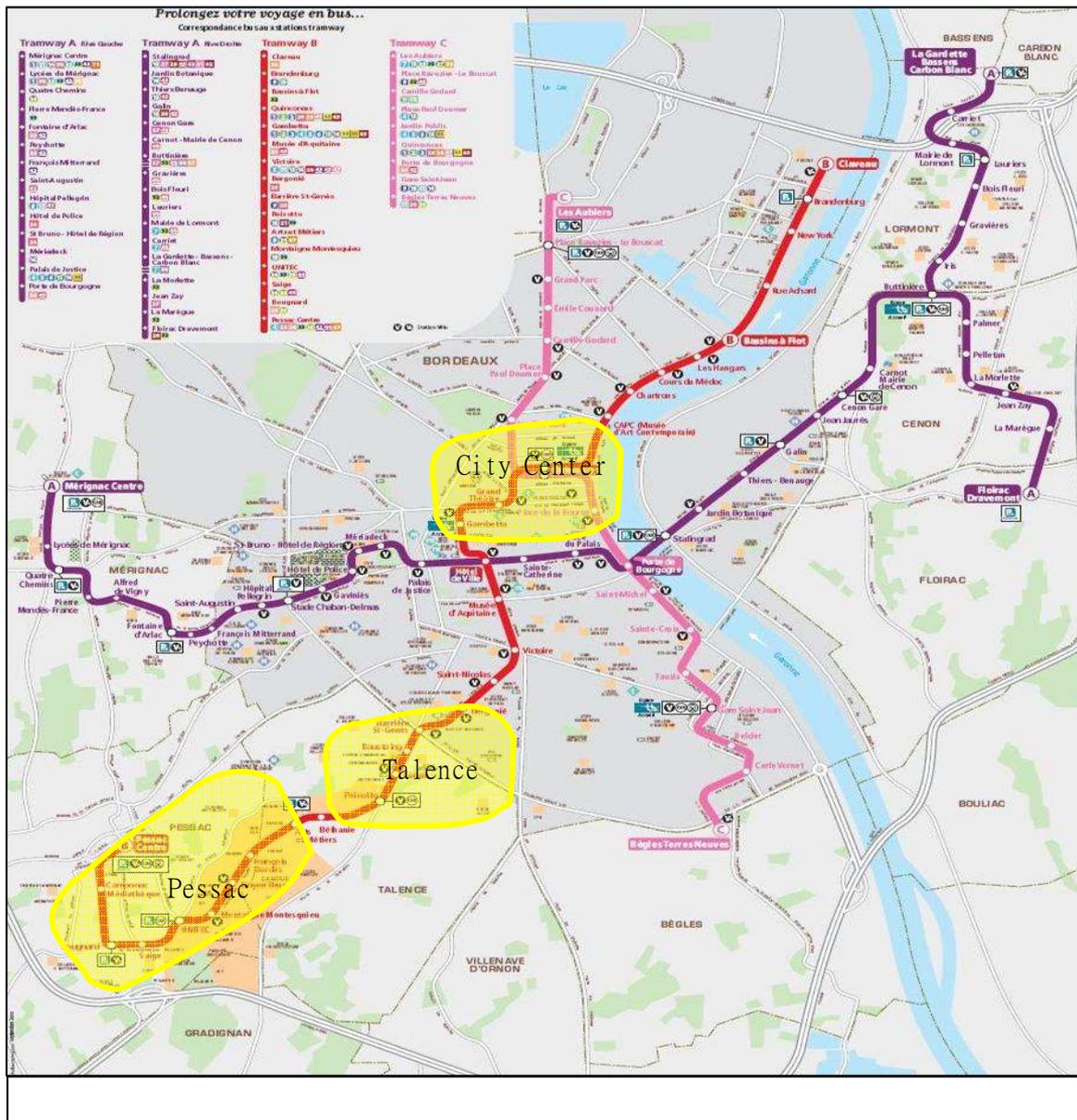


圖 3.3-1 波爾多輕軌路網示意圖

1995 年後接任波爾多市長—Alain Juppé，推動一系列振興經濟及都市更新等之計畫，期藉由輕軌的引進，設置大量行人徒步區及禁止車輛進出舊市中心，以解決交通問題及汙染問題，同時利用此機會保存之前並未妥善維護的歷史建物，塑造更多且多元的旅遊景點，並將商業活動重新帶入這個城市。

輕軌路線將分別位於加倫河東岸的工業區、港口及西岸的市中心連結起來，而為避免輕軌架空線對於歷史建物區景觀的衝擊，波爾多市政府採用地面供電系統（APS），使得市中心地

區之架空線不再影響景觀，電車本身更融入環境並成為市區移動式之景觀。經過波爾多市政府十餘年的努力與改造，東岸約 30 公頃土地現已成為法國西南部最重要的金融中心，且波爾多變得更適宜居住，成為法國最具吸引力及活力的城市之一，而歷史街區更於 2007 年獲選為「世界遺產」。

(2) 市郊已開發區

隨著輕軌路線的延伸，沿線周邊地區、郊區也獲得更新的契機。近 20 年來，大波爾多地區已有數個在周邊地區的已開發區，例如購物中心、科技園區等，常規劃設於高速公路交流道附近，此對使用汽車者而言相當方便，卻產生許多新生旅次，造成很大的都市交通壅塞與汙染問題。1990 年代後期，波爾多提出都市更新政策 (Urban Development Zone, ZAC)，運用輕軌來創造已開發區的再造與計畫整合，塔倫斯 (Talence) 與佩薩克 (Pessac) 即屬該類發展案例。

塔倫斯位於波爾多西南側，沿著康斯解放區 (Cours de la Libération) 發展而成，有道路直通波爾多，1994 年人口數約 3.7 萬人。塔倫斯都市更新計畫為塑造其中心區及為注入經濟活力，發展策略主要有兩方面，一方面發展密集的商業店鋪並藉由綠地與康斯解放區區隔，並對公共空間進行改造，強化以人為本的人行空間與廣場；一方面因都市化程度相對較低，因此規劃了新的住宅區和公共設施，同時引進輕軌系統。而輕軌系統確實減輕了塔倫斯交通負荷，並使各項都市更新措施得以實踐，且居住人口數逐年增加卻仍享有優質的生活環境。

佩薩克同樣位於波爾多西南側，因有外環道之故，交通很方便，又可利用火車通往波爾多市區。輕軌系統於 2007 年延伸到本地區，同時也帶來了一連串的更新計畫。佩薩克的都市更新計畫，主要目的是要對地區中心的商店注入活力、重建地區的自明性，具體內容包括創造公共空間、綿延不斷的行人徒步區及興建 130 戶居住單元。現在的佩薩克已經有了很大的轉變，車站除具原本的功能外，已進化成為一個整合公車、輕軌等大眾運輸的複合轉運中心，另在 2012 年前，整個更新計畫將完成，屆時會增加 240 戶的居住單元，於 2013 年還會再增加 500 戶。



圖 3.3-2 波爾多引進輕軌之前後對照圖

(四) 輕軌系統

法國波爾多(Bordeaux)輕軌，使用 750V DC 架空線系統及地面供電系統(APS)。市中心因古蹟多、街道較狹窄，使用 APS 可維持原有優美景觀。離開市中心街道較寬處則改採架空線系統，列車可接收 2 種供電方式，由架空線地區駛至 APS 地區，駕駛員操作按鈕收起集電弓，反之由 APS 地區行駛至架空線地區，則操作按鈕升起集電弓。輕軌列車行駛於地面供電系統(APS)之市區街道時，如同公車鏈結行駛般，卻無公車起動或行駛時發出噪音，為相當寧靜且兼具環保的運具系統，加上該等路段未使用架空線，整體市容景觀極具諧調及整潔，展現波爾多結合歷史與現代的迷人風貌。

APS 在牽引供電系統上可說是一大創新，既非架空線也非傳統之第三軌，外觀上就像兩條金屬片嵌在一長條絕緣片上（稱為供電軌），地面供電軌布設於兩軌中央地面，平整鋪設於兩條鋼軌之間。供電軌於列車未通過不會帶電，當列車行駛至任一位置時，列車號誌感應線圈隨即偵測並傳遞訊號給該區段之供電軌，此時在列車下方中間之供電軌，才會依訊號提供 750V DC 電源，而其他地方之導電軌均不帶電。APS 牽引

供電系統，在 C 型路權上，行人、車輛可隨時穿越，毫無觸電危險，相當安全及方便，若無特別注意，它只是地面上不同鋪面材質的一種。

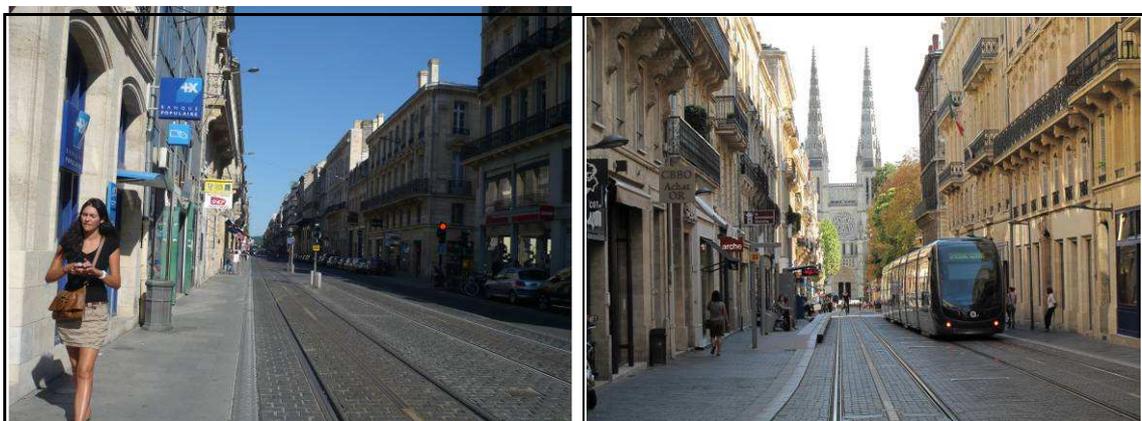


圖 3.3-3 波爾多市中心區使用地面供電系統（APS）



圖 3.3-4 波爾多 APS 地面供電系統軌



圖 3.3-5 波爾多輕軌月台



圖 3.3-6 波爾多輕軌列車部與駕駛艙

(五) 營運概況

波爾多輕軌採開放式自動收費系統，車站設有自動售票機，於車上設自動驗票機，車門附近會裝設 1 至 2 個自動驗票機，另有驗票人員，不定時抽查。

根據官方資料 (Bordeaux' s Urban Community, CUB)，波爾多輕軌 2008 年的平均日運量為每日 165,000 人次，其中 A 線及 B 線各為每日 70,000 人次、C 線則每日有 25,000 人次。而在尖峰時間，單方向每小時 A 線及 B 線各有 4,000 人次、C 線則約有 3,000 人次。



圖 3.3-7 波爾多輕軌車站售票機及列車上驗票機

(六) 輕軌機廠

波爾多輕軌機廠屋頂利用波浪設計，自然採光，光線良好，原則白天無需開啟燈具，整體機場色調簡潔。機廠設置行控中心，監控 3 條輕

軌及各列車之行駛狀況，並透過列車兩側裝設之錄影機傳回之影像，隨時掌控各路線沿線之動態。

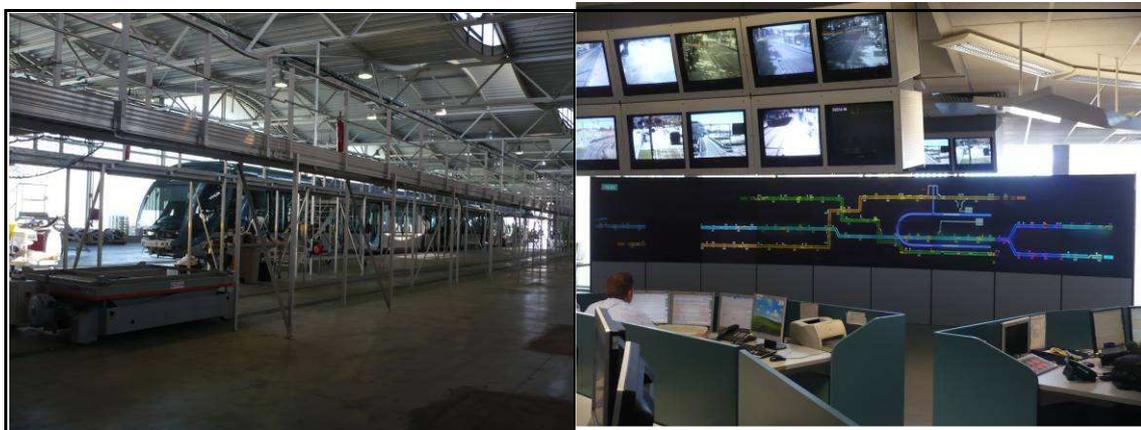


圖 3.3-8 波爾多輕軌機廠及行控中心

四、法國克萊蒙費朗輕軌

(一) 克萊蒙費朗概述

克萊蒙費朗(Clermont-Ferrand)位於法國中部奧弗涅大區，也是多姆山省的省會城市和奧弗涅大區的首府城市。也常被簡稱為「克萊蒙」，2010年克萊蒙費朗的人口數約為14.07萬人，在法國各城市中排名第24位，目前整個城市範圍是由克萊蒙和蒙費朗二個城市的合併。

(二) 克萊蒙費朗輕軌系統

1、系統選擇

2001年開始規劃輕軌系統，其目的定位為改善公共交通、城市再造、改造市民生活品質。由於克萊蒙費朗位於中央山脈地區，地勢起伏大，具較大的爬坡需求，而法國勞爾重工(LOHR)研製的膠輪導軌電車系統Translohr，因採膠輪系統，最大爬坡度可至13%，成為脫穎而出之系統。

2、路線概述

克萊蒙費朗輕軌系統，或可稱膠輪導軌系統，路線全長約14公里，設置31站，平均站距約450公尺。全線營運時間約45分鐘，營運時間為上午4:22起至次日凌晨1:04止，全線均為專有路權。設有6處停轉乘之停車場，沿線有9公里長之自行車道，並與其他交通運具如公車進行整合。

上開輕軌行經之道路，於1896至1956年間有街面電車行駛，其後取消改為小客車行駛之道路，其後又演變成為公共及私人車輛共用之情形。

3、規劃興建過程

克萊蒙費朗輕軌系統，於2001年進行規劃，2007年完工通車，前後約6年的時間，惟實際施工時間約30個月，其建設總經費約2億9仟萬歐元(2002年幣值)，其中系統、軌道、路面基礎及架空線等占總經費48%。至於經費來源包括：歐盟補貼2仟萬歐元，法國補貼1仟800萬歐元，克萊蒙費朗1仟500萬歐元，其餘為貸款，其收取交通稅，營運後之收入約佔營運成本之25%，其比例相當低，惟此為大眾運輸系統，因此政府提供補助以維持其營運。

2、車站設施

車站設有候車亭、透明雨遮、自動售票機、公共運輸路網圖、旅客資訊服務系統等，並通常設置時鐘，整體其造型簡潔。



圖 3.4-2 克萊蒙費朗紅色輕軌列車



圖 3.4-3 克萊蒙費朗輕軌車站

3、膠輪導軌電車系統特色

克萊蒙費朗輕軌的電動巴士（列車），主要係由膠輪負責牽引車輛，由導輪負責引導車輛行駛方向。電力從架空電纜由車頂的集電弓收集，必要時可改用列車內置的充電電池，以行走不適宜佈設架空電纜之路段。

由於克萊蒙費朗輕軌列車使用膠輪，在市區內如有行人經過，其煞車容易，自通車迄今尚未有人員因車禍而傷亡，且維修方便，轉彎半徑僅需 10.5 公尺，因此相對機廠之面積可予以縮小

，節省建造經費。包絡線約 5.65 公尺寬，架空線之高度約 7 公尺，於道路中央採用嵌入式軌道設置導輪，不易脫軌，如欲使其脫離軌道，則必須有超過 7 噸的力量方得以造成脫軌事件發生。

膠輪路軌系統與鋼輪路軌系統相比，有較低的負載量、較低的服務速率，常見的為每小時 35 公里，最高速率可達每小時 80 公里，其他的優點包括：低行駛噪音，更高的加速及減速率、因為輪胎本身的摩擦度使其咬地能力較強，列車可輕易爬行陡峭（最高坡度為 13%）的斜坡，以及可行走曲率半徑較小的轉彎。



圖 3.4-4 克萊蒙費朗輕軌之導軌原理示意圖

（四） 營運概況

克萊蒙費朗公車及輕軌系統總路線長度約 250 公里，在輕軌營運之前，每日之運量約 7 萬人次，而當輕軌營運之後，目前每日約 10 萬人次。其中輕軌約佔一半之使用率。初步了解當年 20 列車約耗費 5000 萬歐元，長度約 32 公尺，4 節車，尖峰班距約 5 分鐘，全日平均約 6-7 分鐘，其最密可達 3 分鐘發一班車。2010 年時曾發生一次火燒車事件，目前該輛車仍停於克萊蒙費朗機廠內，等待事件調查之結果。

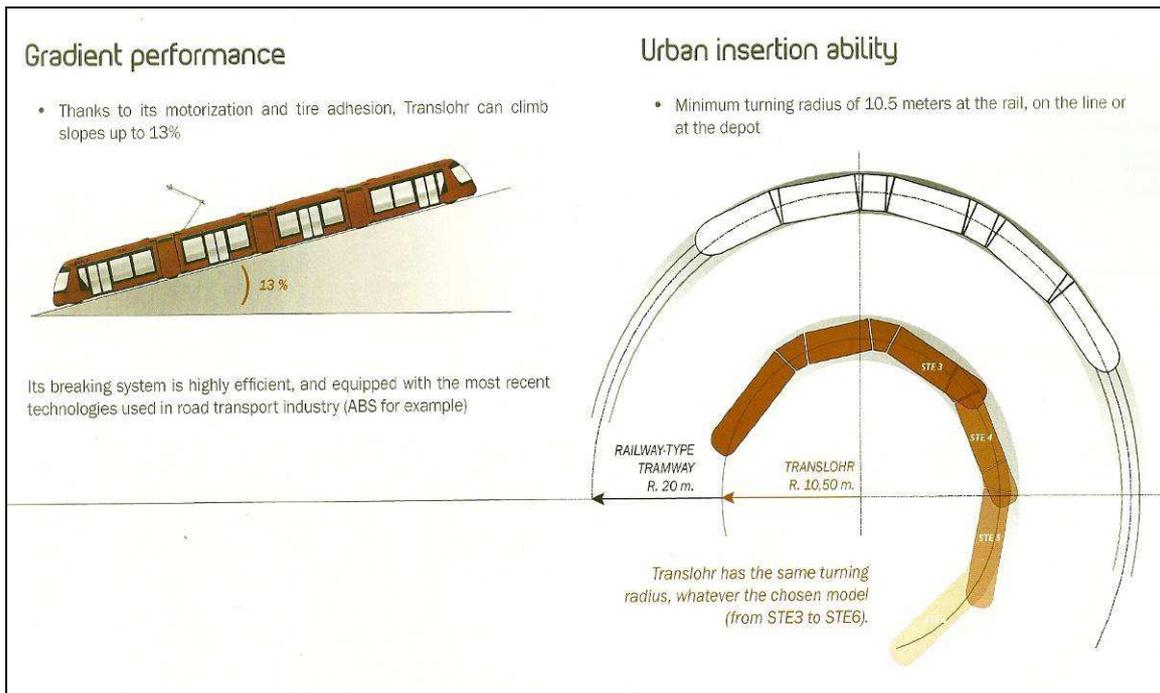


圖 3.4-5 膠輪導軌電車系統最大爬坡與轉彎半徑

(五) 輕軌機廠

克萊蒙費朗輕軌機廠與公車總站整合於同一園區內，又因系統採膠輪電車，部分維修設施可與公車共用，機廠總面積約 5.5 公頃，建築面積約 1.1 公頃，容納輕軌列車 27 輛、46 輛公車之維修。又克萊蒙費朗輕軌因採用膠輪導軌電車系統，機廠無需設置鋼輪維修場地，爰其機廠總面積相較於鋼軌鋼輪輕軌系統，大約可減少 30% 的面積。機廠員工人數為 150 人。



圖 3.4-6 克萊蒙費朗輕軌機廠及其軌道

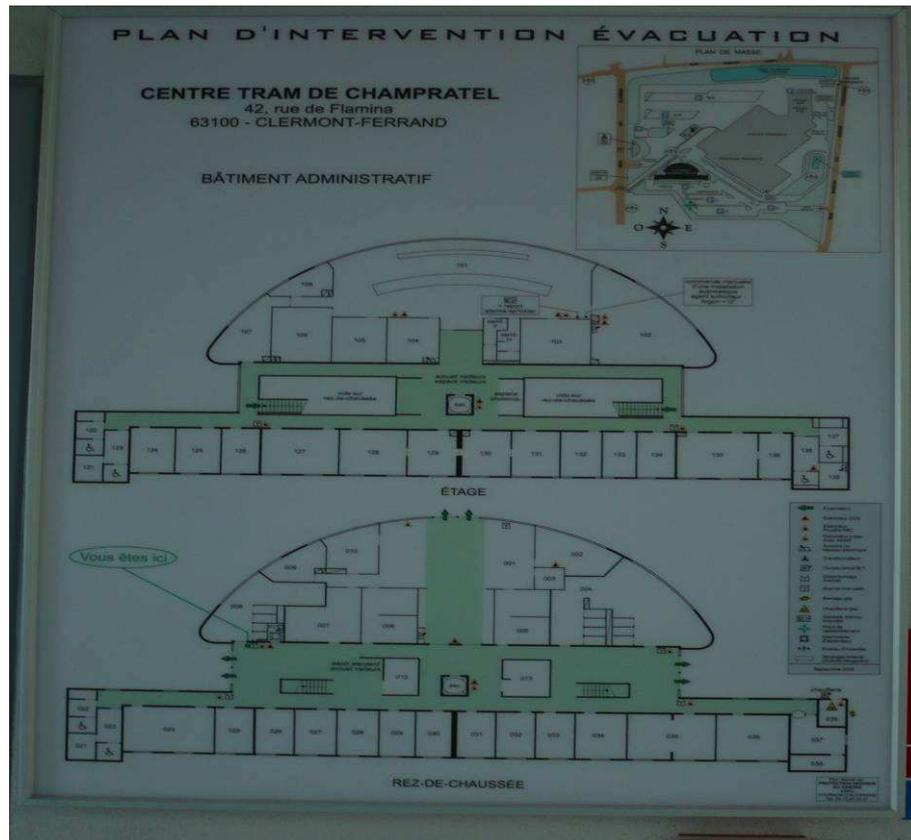


圖 3.4-7 克萊蒙費朗機廠配置圖



圖 3.4-8 克萊蒙費朗機廠車輛清洗線及廠區太陽能板

另外，克萊蒙費朗輕軌機廠於建築物屋頂及建築物適當周圍，廣設太陽能板，利用太陽能板收集熱能後轉為電力之用。克萊蒙費朗之行控中心位於機廠內，行控中心內包括輕軌與公車二部分之監控系統，輕軌系統使用之監視系統及電視牆，均較公車系統較多而複雜些，雖系統建置有所不同，惟因同在一個辦公室內，機動性及支援性相對較高。



圖 3.4-9 克萊蒙費朗機廠內之行控中心（左圖為輕軌、右圖為公車）

五、 法國里昂輕軌

(一) 里昂概述

里昂是僅次於巴黎的法國第二大會區，2010 年人口數約有 142 萬人，市中心人口數約 47 萬人。里昂地區是以里昂市為中心的直徑在 50-100 公里範圍內的地區。里昂座落在西歐的十字路口，被地中海，大西洋以及東歐地區圍繞，大里昂之面積約 43,698 平方公里。

1981 年，連接巴黎和里昂間的高速鐵路 (TGV) 通車，將里昂和北方的里爾、巴黎和南方的馬賽、蒙彼利埃連接起來。從巴黎里昂車站乘 TGV 到里昂約需 2 小時。市內兩個車站—培拉休站(Perrache 起點站)和帕爾杜站(Part-Dieu 中心站)，外觀都非常現代化。里昂不僅教育事業發達，還是國際刑警組織國際總部所在地，亦為生技產業的集中地、著名美食之都。

(二) 里昂輕軌系統

里昂在 19 世紀末期即有路面電車系統，惟 1960 年代因小汽車蓬勃發展而沒落，甚至被完全拆除。到了 20 世紀末期，因環境永續發展的議題逐漸受到重視，里昂重新開啟推動輕軌運輸系統之建設。

里昂的公共運輸系統由法國 Keolis 集團經營，經營範圍包括了 62 個不同的地區 (圖 3.5-1)。2001 年，於里昂消失了 44 年的輕軌電車再度回到了里昂，直至 2006 年，三條全新的輕軌路線已投入營運，主要服務里昂的東部區域。輕軌 T1 路線全長約 9.4 公里，設置 23 個車站，單程所需時間約 37 分鐘，平均營運速率為每小時 15 公里。

2009 年 4 月，里昂第四條輕軌路線 T4 路線(如圖 3.5.-2)，全長 10 公里，設置 8 個車站，將獨立的郊區 Feyzin、里昂第二大郊區 Venissieux 及里昂的東南部區域連結在一起，並可在里昂東南部轉乘 T2 路線，連接到市中心區的法國國鐵 (SNCF) Perrache 車站。

輕軌 T4 路線是一個全新、有效率及效益的軌道運輸系統，連通了里昂南部區域與里昂的其他地區，不但有效抑制汽車車輛的成長，且帶動了沿線原本蕭條的集合住宅區之再新發展。1930 年代開發的集合住宅區，因缺少交通基礎設施作為聯外交通系統，一直推展得不順，且成為里昂政府的難題，直至 T4 路線完工通車後，化解前開集合住宅區發展不理想之困境。T4 路線第一階段包括輕軌路線本身的建設，並同時活化、更新里昂南部地區，而輕軌 T4 路線延伸路段將連接到市中心區，目前正在興建中，預計 2013 年完工通車。



圖 3.5-1 里昂公共運輸路網示意圖

1、Les Minguettes 區

20 世紀，由於法國經濟繁榮發展，衍生大量住宅需求，從 1960 年代開始，法國政府推展了一個大型的新市鎮開發計畫。在里昂地區，這些新市鎮被規劃在市中心區周遭郊區，Vénissieux 住宅區—Les Minguettes 提供了 9,200 戶的住宅，其中 60% 是社會住宅，可以容納 Vénissieux 地區 40% 人口。然而里昂市政府卻發現 Minguettes 計畫，因為缺少了良好聯外交通系統而面臨失敗，失業率高達 40%。嗣後，Minguettes 更成為問題地區的代名詞。為解決這個負面的發展情形，Vénissieux 區政府於 1996 年提出都市更新計畫 (The Grand Projet de Ville, GPV)。

這個更新計畫獲得法國都市更新局（National Agency for Urban Renewal, ANRU）認可並提供經費補助。計畫預計要重塑地區的行政與經濟中心，而 T4 路線此計畫中扮演了重要的成功關鍵，因為 T4 路線不僅連接地區與地區間，也重新引導城市的規劃概念，例如路權的重新分配，T4 路線在中央大道上將道路分為三個部分，輕軌電車、一般車輛及腳踏車與行人，讓行人及腳踏車有更多、更安全的空間，輕軌電車也可以在路權上提供便利的大眾運輸服務。

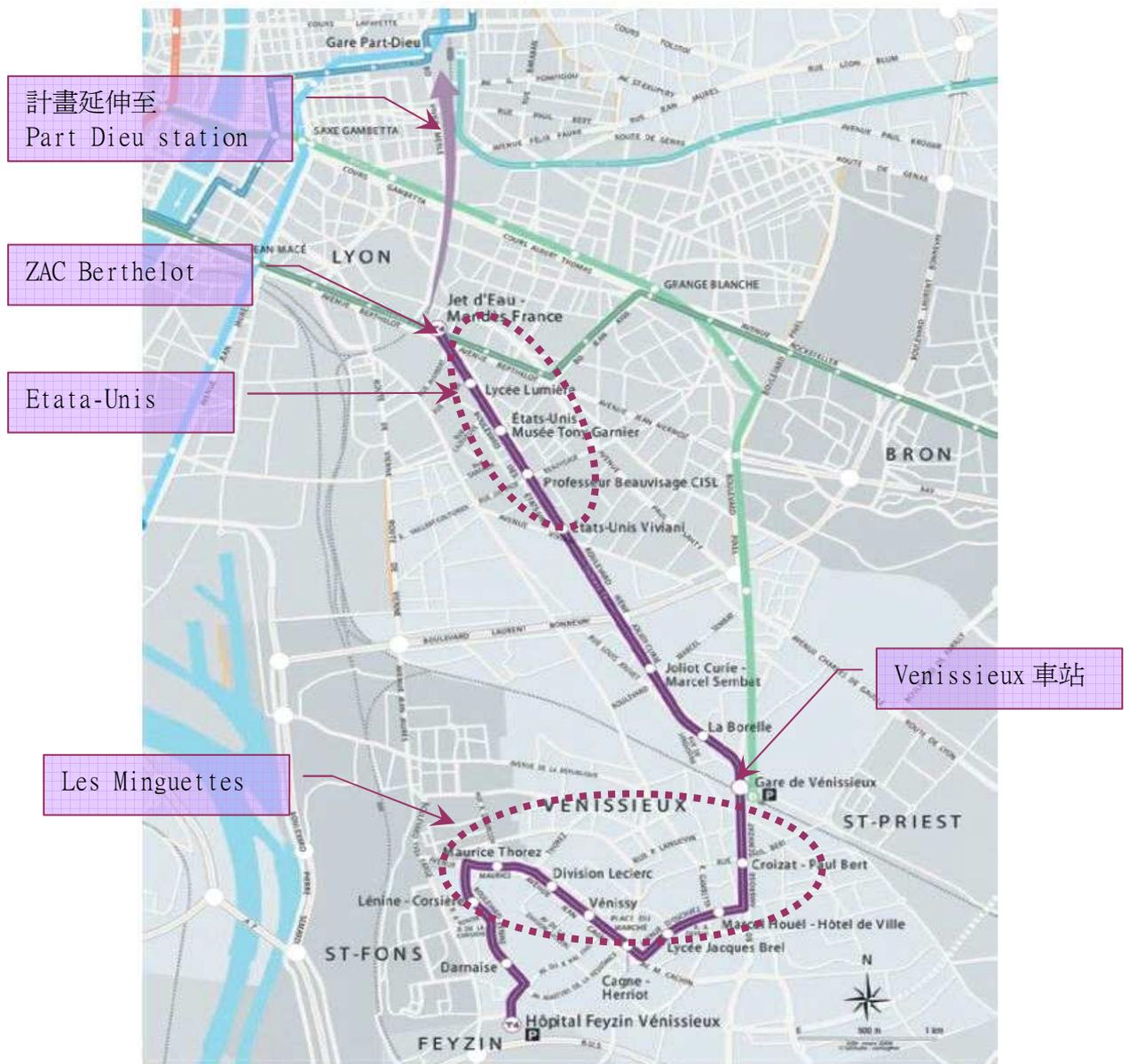


圖 3.5-2 里昂輕軌 T4 路線示意圖

2、Les Etats-Unis 區

里昂東南區因其環境特性及功能性，主要被劃設為住宅發展用地。Etats-Unis 即是 1913~1933 年所規劃的集合住宅區域，因該區域係沿著佈滿歷史古蹟大道而建，因此必須面對古蹟保存與維護課題。輕軌 T4 路線的引進，提供給該地區減輕交通擁擠及其他市內區域交通不便的問題。事實上，早在 1917 年規劃時，即曾打算建設輕軌系統，但最後因為造價昂貴而取消；當時雖然沒有建設輕軌，但道路中央的路權已先被預留下來，使得後來 T4 路線在 Etats-Unis 大道路段有充足合適的路權使用。輕軌 T4 路線改善了 Etats-Unis 區域至里昂其他地區的可及性，也使得區域的更新得以獲得進展，並增加了綠地與自行車道(如圖 3.5-3)。



圖 3.5-3 里昂 Etats-Unis 大道引進輕軌前後對照圖

3、Jet d' eau 區

Jet d' Eau-Place Mendès France 是輕軌 T4 路線目前之終點站，並與 T2 路線在此連接。起初，Place Mendès France 是一個壅塞的十字路口，周邊有許多工業廢棄物堆置場，為了將本區與其他城市進行整合，地方政府乃公告該地區為都市更新區 (Urban Development Zone, ZAC)。第一個更新區早在 1992 年即開始推動辦理迄至 2000 年，但執行結果卻未完全符合當初規劃之期待，例如發展商業活動，但最後卻只形成販賣鄰近公墓所需用品的商店，不符當地居民的期盼。

為了改正過去失敗的經驗，2003 年開始進行第 2 個更新區改

造，並將其發展成為一個花園城市作為更新之規劃願景。另這個計畫預計建設許多公共設施，例如托兒所、健身中心等，此外為了迎接新移民，學校設施也被重新規劃，此區域公共設施總樓地板面積將達 6 萬 9 千平方公尺，商店總樓地板面積約 6 千平方公尺等。整個計畫持續推動至 2011 年 4 月，將該區域發展成為一個具有兩條輕軌路線的住宅區，其中一條連結里昂其他郊區、一條連接里昂市中心，輕軌 T4 路線的引進，是整個區域更新的主要骨幹及成功的關鍵。

(三) 興建過程與經費

輕軌 T4 路線第一階段包括 9.2 公里的軌道工程，18 個車站及 13 輛列車，總經費約 8 仟 704 萬歐元（約每公里 9 百萬歐元）。與波爾多不同的是，里昂從未考慮使用輕軌以外的系統型式。T4 路線在興建前，已有公車與地鐵 D 線服務鄰近地區；事實上，T4 路線實際是設計來整合里昂大眾運輸的系統路網，尤其 T1 及 T2 路線推動所獲得的成功經驗，讓里昂市政府深切體認，輕軌就是最適合里昂，最能夠達到維護城市環境及促進都市更新的最佳工具。

根據 2010 年統計資料，輕軌 T4 路線每日平均運量約 35,000 人次，年運量可達到 1 千萬人次，在第二階段完成後，T4 路線應可達到每日平均運量約 60,000 人次的水準。

(四) 系統設施

里昂輕軌車站及月台設置自動售票機。里昂輕軌許多路段以植草為鋪面，以綠色軌道為主，架空線電桿呈現簡潔態樣（圖 3.5-4）。尖峰時間之行駛班距約 3 分 50 秒，離峰時間之班距約 7 分鐘。

近年來，里昂政府為整合輕軌與傳統鐵道系統，採用新研發之 Tram-Train 列車，該等列車可行駛於輕軌與區域傳統鐵路上，同時兼具市區快捷及城際運輸功能，列車外觀則為紅色（圖 3.5-5）。

另外值得觀注，里昂地區之公車，係採用電力系統，利用架空線行駛。里昂電力公車營運歷史悠久，里昂市政府非但沒有將電力公車視為過時系統，反而將既有之公車及相關設施加以改善，成為介於輕軌與公車系統，利用運具功能不同的特性，互相補強，以強化公共運輸路網的整體性與便捷性（圖 3.5-6）。



圖 3.5-4 里昂輕軌簡潔之架空線及車站月台



圖 3.5-5 里昂輕軌蠶寶寶列車及 Tram-Train 列車



圖 3.5-6 里昂電力公車

(五) 列車型式

里昂因古代產絲，故里昂所有的輕軌列車都使用相同的蠶寶寶為造

型，列車顏色為白色，內部則為藍色，手扶桿為黃色；列車閘門兩側設軟靠墊替代座椅，一方面民眾站立時可以倚靠，相當舒適；一方面可提供坐輪椅之身障者、娃娃車等之適度空間，增加列車空間使用之彈性。



圖 3.5-7 里昂輕軌列車內部及站立處空間

(六) 輕軌機廠

里昂機廠建築物色調及造型相當活潑，不若一般機廠令人有著工廠的感受。機廠設置行控中心，監控 4 條輕軌及各列車之行駛狀況，並透過列車兩側裝設之錄影機傳回之影像，隨時掌控各路線沿線之動態。

控中心營幕左側，有 T1 路線、T2 路線、T3 路線及 T4 路線之月平均、日平均、時平均之準點率，一但有脫班或延遲較久之列車（通常為尖峰時間、行人穿越頻率過高、節日慶典等），行控中心人員將傳達予司機，適時趕班。機廠人員解說，里昂市政府要求年平均之準點率為 92% 以上，如準點率高於 92% 將有獎助金，若準點率低於 92%，營運單位需繳交檢討報告及改善措施（儀錶板上綠色部分表符合要求，黃色區段表示有延遲現象，至於紅色區段則表示準點率落後相當嚴重）。

實際上，里昂輕軌系統主要係為 B 型或 C 型路權，路況情形複雜，營運單位表示要達成前開標準，極具挑戰性，而且未曾獲得市政府給予準點率之獎勵金。

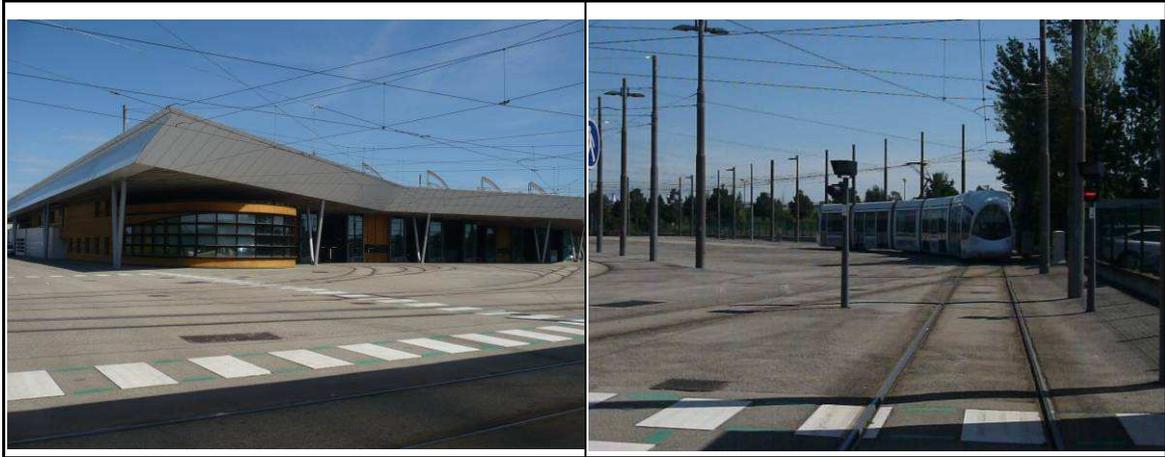


圖 3.5-8 里昂輕軌機廠及其軌道

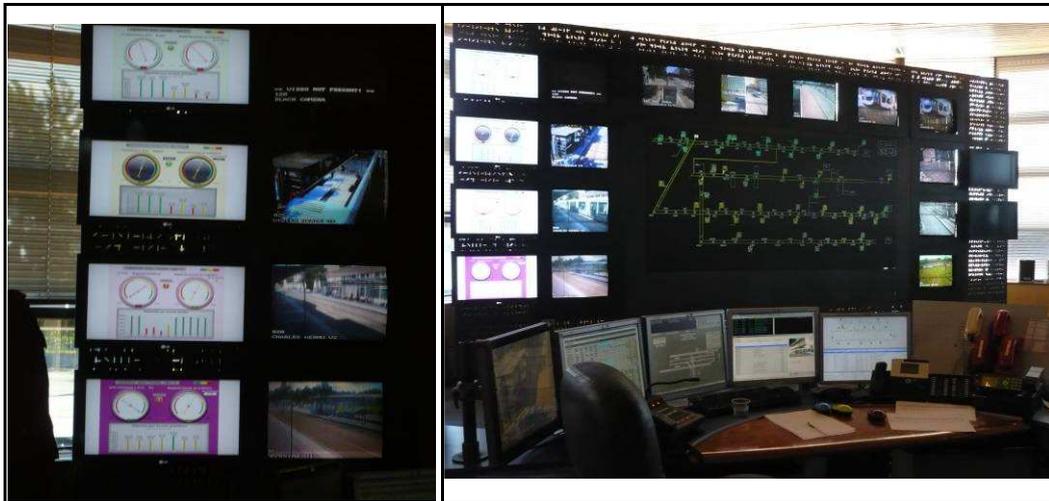


圖 3.5-9 里昂輕軌行控中心

六、 法國巴黎 T3 線輕軌

(一) 巴黎概述

巴黎處於法國北部，位處賽納河畔，是法國首都也是歷史名城，自西元 987 年卡珮 (Capet) 王朝建都以來，歷經千餘年的建設發展，所有的市政建設及都市規劃不但細膩獨到，都市設計氣度恢弘，建築雄偉，園林瑰麗，展現出大氣象的文化遠見，確立了全世界文化藝術之都的地位。巴黎面積約 105.4 平方公里，2010 年人口數約有 218.6 萬人，人口數亦排名全法國第一。

1859 年，巴黎進行大規模城市改造，奠定了巴黎當今城市風貌的重要基礎，主要作法包括：(1)由解決交通問題著手，大刀闊斧整頓主要幹道系統。同時引進大量的行道樹，讓這些幹道成為充滿綠意的林蔭大道。(2)規劃下水道系統，解決民生問題。(3)「健康、陽光、空氣與空間」(4)整治聖馬當運河，抒解塞納河交通，並於運河中設置隧道，以有效利用地面空間。

至於巴黎市區內之舊鐵道，在都市擴張及地鐵系統網之建構後，已失去其運輸功能，巴黎市政府針對此閒置空間採取的措施，不拆除鐵道而保留原鐵道空間，並加以保存、綠化及美化，創造出結合當地歷史、文化及舊有記憶的再生利用的成功案例。舊鐵道兩側大量種植多樣性植栽，成為一條專用、獨立且無車輛的散步、慢跑及休憩的廊帶。

(二) 巴黎輕軌系統

巴黎輕軌系統主要圍繞於市中心區，路線與捷運及 RER 皆可交會轉乘，目前共有 4 條線營運中。輕軌 T1 線長 11 公里，設置 26 站；T2 線長 11.3 公里，設置 13 站；T3 線長 7.9 公里，設置 17 站；T4 線長 7.9 公里，設置 11 站，另外還有 40 公里的 T5、T6、T7、T8 線尚在規劃中。

巴黎市中心已有密集捷運系統服務，而輕軌系統則提供較外圍區之服務如 T1 線與 T2 線屬郊區線，T4 線以舊有鐵道拆除興建，T3 線則位於市中心位圍，以環線方式將各條路線捷運串連起來，並且提供至外圍新興發展區至都會區較優質之大眾運輸服務，由法國大眾運輸局 (RATP) 營運。

(三) 巴黎 T3 線輕軌

輕軌 T3 路線位於巴黎市南部一條重要環狀道路上，取代原有眾多公

車路。巴黎市政府原擬利用平行於現 T3 線北側之既有閒置鐵路作為路廊，但當時的市長認為，輕軌應該放在大家都看得到的大馬路上，而非在住家背後的鐵軌，又為降低汽車便利性，驅使民眾放棄私人運具改選公共運輸工具，並取代道路上數量龐大的公車路線，並達成環境永續等因素，乃將輕軌 T3 線規劃興建於現有路廊上，曾引起非常大的爭議。

(四) T3 線興建過程與經費

輕軌 T3 路線已完成路段長約 7.9 公里，設置 17 個車站，於 2002 年開始興建，於 2006 年開始營運，建設總成本為約 3.11 億歐元，其中包括區域發展計畫、都市更新及列車採購等費用。在建設過程中，採用 2 萬公噸的再生材料於道路及軌道下方，作為電車之儲備材料。

T3 線沿著塞納河左岸 Marechaux 內環道路運行，串連巴黎南部的第 13、14 及 15 區，沿途可連接轉乘 5 條捷運線，2 條 RER（郊區鐵路）及 37 線公車銜接交會轉乘，平均營運速度每小時約 18 公里，其速度可提昇至每小時 20 公里。每日運載約 167,000 人次，營運班距約 4 分鐘，至於其最小班距可達 2 分鐘。其號稱在施工的過程中未砍掉 1 棵樹。基於環保及節約能源等的考量，車站及月台用原來之水泥再製成，架空線利用電燈桿一併設計吊掛。

T3 延伸線於 2009 年起開始施工，延伸線路段起自 Porte d'Ivry，迄於 Porte de la Chapelle，沿途經 Porte de Charenton 及 Chapelle 酒店，長約 14.5 公里，預計 2012 年完工。

(五) T3 線系統與設施

1、T3 線系統

巴黎輕軌 T3 線以專有 B 型路線，配合誌連鎖及優先號誌，軌道則採用草坪式軌道，兩側佈設車道與自行車，大幅增加都市與運輸系統的舒適性。票證系統則採用開放式系統，原則採榮譽制，再配合稽查員不定時、不定點稽查。

2、列車

T3 線一列車長約 45 公尺，寬 2.65 公尺，每列車約可搭載約 304 人，T3 線列車融入巴黎古都之地方特色彩繪，如雕像及建築物等。

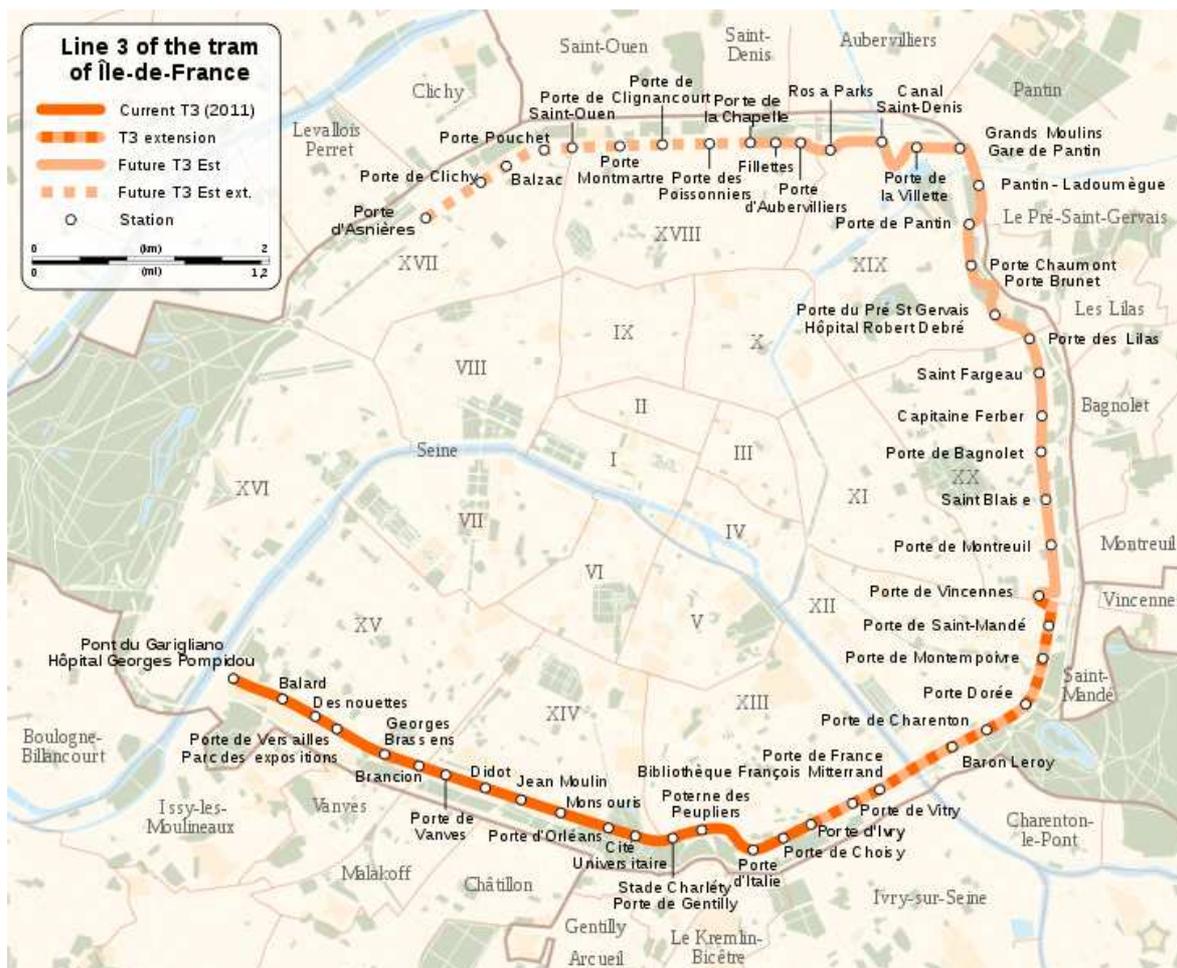


圖 3.6-1 巴黎 T3 輕軌路線圖

3、車站設施

T3 線車站設計得簡單大方具有現代感，車站設有候車亭、自動售票機、公共運輸路網圖及旅客資訊服務系統等，由於採用 750V 架空線電力牽引，啟動時平穩舒適安靜，列車往來並不會令人感到不舒服之噪音。又月台屋頂晚上會由燈光與顏色，以於夜間提醒民眾車站位址。

4、軌道

巴黎輕軌採用 1435 公釐之標準軌。輕軌 T3 線大部分路段採綠色草坪鋪面，兩側佈設車道與自行車，車站區間為水泥鋪面，並高於一般車道，明顯區隔路權，避免一般車輛闖入。



圖 3.6-2 巴黎輕軌 T3 線及其列車外觀



圖 3.6-3 巴黎輕軌 T3 線列車內部設施及駕駛艙

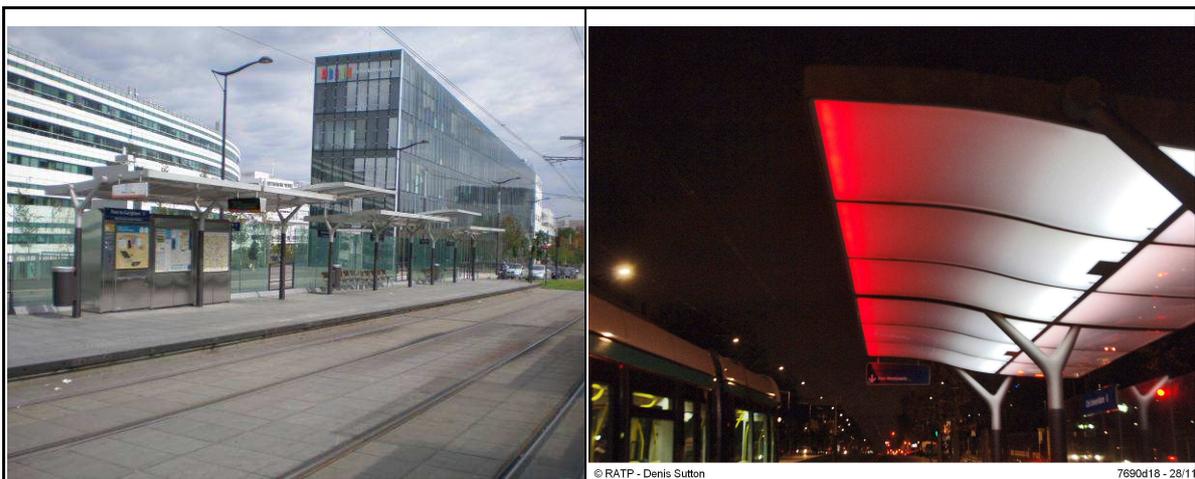


圖 3.6-4 巴黎 T3 線候車亭設施

(六) T3 線延伸段工程

輕軌 T3 線延伸計畫，是行經原本雙向六車道之巴黎外環道上，原本為巴士行駛路線，輕軌全線通車後，將會取消原有巴士路線，道路中央布設軌道後，將會留設雙向四車道之車道，為提供整體優質大眾運輸服務，輕軌施工同時，將一併調整原來道路使用空間，除輕軌外，並布設自行車道與人行步道，如圖 3.6-5 所示。

實際上，輕軌計畫影響範圍不只侷限於輕軌路權範圍，尚包括整個道路断面，並且需考量兩側之土地使用，故輕軌建設規畫包含交通工程與都市計畫，又因與人們的生活息息相關，故較一般軌道建設，更為複雜，常常需與民眾協調，傾聽民眾意見，對民眾澄清說明，降低施工之阻礙。故 T3 線建設單位特別成立公共協調服務處目前共有 8 人，負責與民眾溝通與協調。



圖 3.6-5 巴黎 T3 線延伸段道路空間調整示意圖

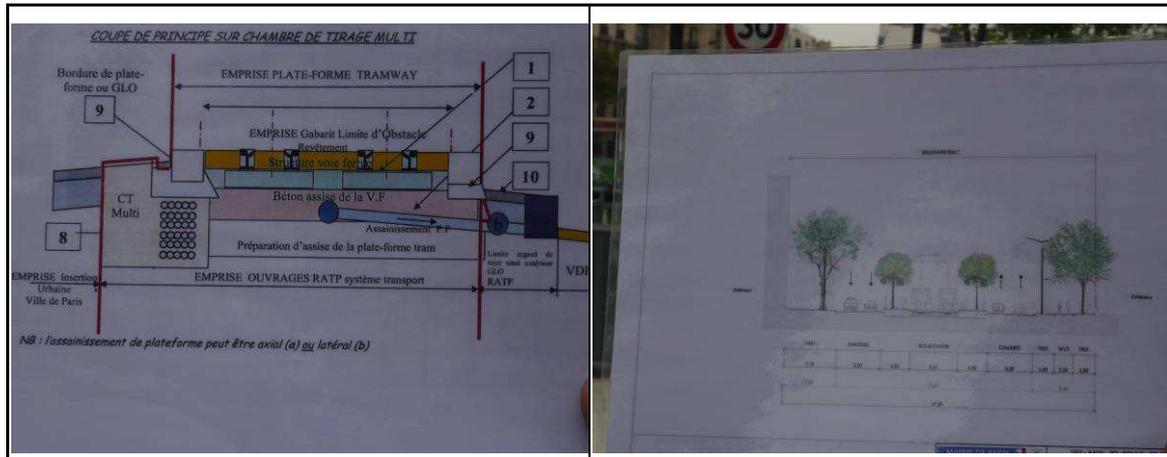


圖 3.6-6 巴黎 T3 線延伸段路基及道路斷面圖

T3 線施工現場，兩側人行道全部刨除，並先行植樹，俟施工完竣後，樹苗可成長至一定程度。路權範圍施工時，下挖至少 1 公尺深，並將原埋於道路下之管線一併重新整理，管線埋於道路平面下約 30 公分以下，地面下 60 公分至 100 公分部分，鋪設鋼筋混凝土，再於地面下約 60 公分處，逐漸由下而上鋪設礫石至近地表面的細砂，最後再鋪上地磚。



圖 3.6-7 巴黎 T3 線延伸段施工中之人行道

圖 3.6-8，路權範圍已鋪設砂石至地表面下約 30 公分，細白色部分已完成鋪軌與灌漿，另一部分僅完成鋪軌，全線用長焊鋼管，每節 18 公尺，全線共有 3,600 多段。至道路交叉口處，為降低施工產生之交通瓶頸，該路段之鋪軌採用預鑄方式，施工期大約只要 6 週，而一般路段則需 13 週。



圖 3.6-8 巴黎 T3 線延伸段施工中之月台



圖 3.6-9 巴黎 T3 線延伸段軌道鋪設



圖 3.6-10 巴黎 T3 線延伸段軌道鋪設 2

T3 線公共協調處委員表示，要降低民眾不同聲音，要明確告訴民眾施工期程，起迄時間，施工期間之噪音與交通之影響。又為補償兩側商家於施工期間造成之損失，得由業主與施工單位組成委員會，由商家提供會計資料顯示證明其損失，由委員會審酌予以補助。

公共協調處委員並說明，施工期間因縮減車道，交通量已減少 20%，由於施工期間的交通不便，雖然民眾會抱怨，卻可逐漸改變民眾使用運輸工具的行為，先行培養該路線民眾搭公車或地鐵。最重要的是，政府需有推動決心，於規劃及施工期間不斷地與民眾溝通、化解疑慮、教育並引導民眾交通行為，深信輕軌完工通車後，將提升民眾使用公共運輸之意願、整體改善居住環境品質、改善市容景觀及改善空氣品質等，以達到環境永續之目標。



圖 3.6-11 巴黎 T3 線延伸段道路交叉口



圖 3.6-12 巴黎 T3 線公共協調處委員解說施工概況

肆、心得與建議事項

一、輕軌為都市再發展之關鍵性工具

不管法國與德國的城市，如史特拉斯堡、弗萊堡、波爾多、里昂及巴黎的輕軌計畫，可發現輕軌不僅被視為一種交通方式，也被視作是都市再發展、都市更新的工具，雖然一開始也曾遭遇到不少質疑與反對，但在政府推動決心及合宜的相關配套措施，最後仍成功的作為許多城市再發展的典範，更為社會大眾普遍喜好的公共運輸工具。都市於引進輕軌系統後，原則具下列特色：

- (一)改變並增加民眾使用公共運輸系統。
- (二)降低一般車輛在公共區域的車速，並提高用路人安全。
- (三)創造旅遊景點、吸引遊客。
- (四)促進都市更新，改善整體市容景觀。
- (五)強化都市自明性（展現當地文化特色、把自然帶回城市）。
- (六)利於環境及生態永續發展，減少全球及地方的汙染。
- (七)提高土地使用之適宜性，促進商業活動與當地經濟。

二、輕軌融入都市街道巷弄生活

輕軌系統因其具因地制宜功能，除了行經主要幹道外，還可以穿梭在巷道裡，由於行駛之速率低，縱使轉彎時也不會發出唧唧嘎嘎的聲音，不易令人產生危險的感覺。在參訪的城市中，到處可看到行人悠閒行走於軌道間，或恣意穿越軌道，或甚至毗鄰列車而行，幾乎無視輕軌列車的存在。輕軌B型及C型軌道如同一般馬路般，可成為民眾生活空間的一部分，並使商業活動更為熱絡，人潮更為聚集，展現當地城市的特色。

三、轉換道路為「以人為本」空間

以往國內道路路網設計、號誌系統及道路斷面設計等，大都以車行為主要考量、強調行車速率，而行人普遍行走於狹小或片斷之人行道上，容許承載量較少的小客車占據較大的地面道路空間，卻將大眾運輸擠入地下，是一種相當不合理的空間分配模式。

歐洲各大都市因應環保議題及節省龐大捷運興建費用，重新引進以人為本的輕軌系統，重視輕軌路面、各月台的佈置、列車內部

設計、列車大玻璃視窗、人性化介面、與綠地整合、列車與城市風貌融合等問題，翔實考量所有可能的環節，讓行人與車輛共用道路空間，成為具體存在的事實，而道路的使用更有效率且更人性化了，城市中供人們自由使用之場所也更多元化。

四、細膩處理與協調民眾意見

由於國內尚無輕軌運輸系統之建設，而民眾未曾體驗該等新型運輸系統，一般存有很大的疑慮，如政府花費龐大經費將鐵路立體化後，卻引進行走於道路上之軌道式輕軌，又車輛與行人如何能與輕軌列車共存於道路上，可能容易發生交通事故，而輕軌穿梭在巷道裡，恐產生令人厭惡的噪音與不便等等。就實際情形而言，輕軌系統為公車專用道、公車捷運系統功能之再提升，其使用行為如同乘坐公車方便，又比公車便捷、舒適、環保與低噪音等，且其軌道並不會造成都市阻隔，增加人們活動、行走空間之舒適度等。未來推動輕軌建設計畫，首重與民眾溝通與協調，讓國人對輕軌運輸系統有新的認識與體驗。

行政院已於99年9月間核定交通部提報之淡水輕軌可行性研究計畫，而交通部與其所屬高鐵局刻正辦理綜合規劃中，並與當地仕紳、居民及遊客們進行座談中。建議高鐵局及委辦單位，應適時投入部分人力，於淡水地區成立輕軌工作室，主動提供民眾相關資訊、答詢相關疑問、不斷地播放國外輕軌實例，並作為民眾提人供意見表達之管道，化解民眾因不了解導致之誤會與不滿；或甚至可仿效巴黎市政府成立公共協調處委員會，細膩處理與協調民眾意見。

五、妥善處理輕軌平面交通界面

行走於城市街道之輕軌系統，透過鋪面、標誌及標線等明確指示，提醒行人與其他各種車輛各自行駛於其被規範之空間，和諧而不互相侵擾，這需要透過細緻的交通工程規劃，並與都市計畫及都市設計相結合。臺灣目前仍無輕軌營運實例，又目前之交通工程規劃，仍以車輛為主的觀念，需待突破，在輕軌引入後，標誌系統如何進行因應，道路空間如何調配重整，未來仍有一段路要走，初期的規劃設計工作需多借重及汲取國外經驗，同時考量臺灣交通特性，以創造一個臺灣友善、安全、效率之輕軌運輸環境。

六、掌握輕軌去架空線技術

輕軌系統之架空線及架空線電桿，亦為國內推動輕軌的重要課題，由於國內路面上既有之纜線林立，輕軌系統增設架空線或架空線電桿具相當高難度，亦是我國推動輕軌系統的重要瓶頸。

目前輕軌系統建設各廠商，刻正研發超級電容器並精進相關技術，利用列車到站時伸起電弓與車站接觸並同時充電之技術已測試數年，未來該技術穩定度及相關細節問題如能一一克服，去架空線式的輕軌系統，可能更適合於多颱風、多雨的臺灣。因此，相關單位應掌握輕軌去架空線技術之最新動態，適時引進當前最新且最適合於臺灣地區發展特色之技術，對減少日後推動輕軌建設之阻力可能會有助益。