

出國報告（出國類別：考察）

## 先進國家機場雙管制塔臺及數位化 塔臺規劃建置參訪交流

服務機關：交通部民用航空局飛航服務總臺

姓名職稱：林雅婷 主任管制員

許景慈 管制員

派赴國家：法國

出國期間：中華民國 113 年 10 月 5 日~10 月 11 日

報告日期：中華民國 113 年 12 月 2 日

## 摘要

法國戴高樂機場自啟用之初即擁有 4 條跑道、3 座塔臺，此行參訪觀摩該機場在雙塔臺、多跑道作業環境之下，如何劃分責任區、彈性調整塔臺日夜間作業模式，以及在複雜的滑行道、機坪等場站設施環境下，透過多種類的監視設備輔助航管作業，提供高質量的航管服務。

而數位塔臺發展是近年航空業高度關注討論的議題，戴高樂機場以實際作業需求為出發點，思考對該技術運用之必要性，提供了不一樣的觀點值得本區未來規劃時的參考。

戴高樂機場使用與本區相同製造商之到場管理系統(Means to Aid Expedition of Sequenced Traffic with Research of Optimization, MAESTRO)，本次參訪與系統工程師討論現階段該系統使用心得經驗以及參數設置等方向，作為本區持續優化該系統功能之參考。

另參加 Thales 使用者代表大會(Better Sky Together)，聆聽與會國家對於其航管系統之使用經驗與建置方案分享，及到場管理、數位塔臺等議題討論，為本區持續優化系統功能、規劃未來相關議題以提升服務品質之參考。

## 目錄

壹、	目的.....	2
貳、	行程紀要.....	3
參、	參訪及會議內容紀要.....	3
一、	參訪戴高樂機場塔臺.....	3
(一)、	戴高樂機場介紹.....	3
(二)、	多塔臺作業方式、塔臺管制責任區劃分、備援機制.....	4
(三)、	管制員招聘及人員訓練.....	14
(四)、	低能見度作業及數位監視設備之運用.....	14
(五)、	數位化塔臺的現況與未來規劃.....	15
(六)、	MAESTRO 功能使用經驗與系統參數設置 .....	15
二、	參加 Thales 使用者代表大會(Better Sky Together).....	19
(一)、	飛航管理市場趨勢 Setting the scene: ATM market trends.....	19
(二)、	邁向永續天空 Towards sustainable skies .....	20
(三)、	澳洲空域管理之轉變 Transforming Australia’s Airspace Management.....	21
(四)、	地到空科技面之未來發展 Tomorrow’s skies: technology perspectives from ground to space .....	21
(五)、	合作面之未來發展 Tomorrow’s skies: collaboration and cooperation .....	23
(六)、	漢斯區域管制中心(Reims ACC)參訪.....	23
三、	參訪 Thales 公司總部 Skylab.....	25
肆、	心得.....	30
一、	有關戴高樂機場管制作業運作.....	30
二、	有關到場管理(MAESTRO).....	31
三、	有關 Thales 使用者代表大會(Better Sky Together)及 Skylab.....	32
伍、	建議.....	33
一、	參考國外經驗，持續優化系統功能.....	33
二、	持續關注數位/遠端塔臺發展之趨勢.....	33
三、	積極參與國際會議以尋求資訊共享、聯盟之可能性.....	34

## 壹、 目的

「臺灣桃園國際機場園區綱要計畫」第二版規劃於 120 年完成機場北側新建第三跑道及相關滑行道等工程建設，且第三跑道啟用後北側場面將陸續興建衛星廊廳、機坪等設施，為因應隨之而來的航行量成長及擴大之機場範圍能滿足機場管制目視操作區之需求，交通部民用航空局飛航服務總臺(以下簡稱總臺)配合桃園國際機場股份有限公司(以下簡稱桃機公司)規劃於第三跑道及現行 05L/23R 跑道之間建置第二塔臺，主責未來機場北側場面之飛航管制服務，完善機場擴建後之飛航服務，且雙塔臺之人力席位與航管設備等亦可互為備援，確保塔臺作業韌性。

3 條跑道以及雙塔臺作業對於本區飛航管制員將是全新的作業方式，參考法國戴高樂機場多跑道、多塔臺作業模式經驗，藉此了解實行雙塔臺管制作業實際所需相關條件、程序配套、人員訓練等，希望能汲取該國機場的多年成功經驗，為未來各方面作業進行更縝密、妥適之規劃並提升飛航服務品質。

戴高樂機場使用 MAESTRO 已有多多年經驗，並同時擁有到場管理(Arrival Management, AMAN)及離場管理 (Departure Management, DMAN)功能，此次參訪針對本區需求，以觀察 AMAN 相關功能及系統參數設置等為主。另考量本年度 Thales 使用者代表大會(Better Sky Together)會中對於數位塔臺及到場管理等先進功能，以及其他國家對航管系統之使用經驗與建置方案等有所討論，爰本次參加會議並聽取有關飛航管理市場趨勢、邁向永續天空、未來之地到空科技發展及合作面等專題演講。

此次亦赴 Thales 位於法國的總部 Skylab 參訪，了解系統設定與工程師交流本區目前使用到場管理系統之心得，另探討該系統商對於數位塔臺議題之研發方向，作為本區未來規劃之參考。

## 貳、 行程紀要

10月7日	參訪戴高樂機場塔臺
10月8日	參加 Thales 使用者代表大會(Better Sky Together)
10月9日	參加 Thales 使用者代表大會(Better Sky Together)
10月10日	參訪 Thales 公司總部 Skylab

## 參、 參訪及會議內容紀要

### 一、 參訪戴高樂機場塔臺

#### (一)、 戴高樂機場介紹

巴黎夏爾·戴高樂機場(IATA 代碼：CDG；ICAO 代碼：LFPG)，中文通稱巴黎戴高樂機場或戴高樂機場(後續將簡稱戴高樂機場)，位於法國首都巴黎東北約 25 公里處，是法國主要的國際機場，也是法國首都巴黎首要的機場。它是以法蘭西第五共和國第一任總統夏爾·安德烈·約瑟夫·馬里·戴高樂(Charles André Joseph Marie de Gaulle)的名字命名。

戴高樂機場興建於 1966 年，後於 1974 年 3 月 8 日正式營運，機場面積為 32.38 平方公里，海拔高度 119 公尺。機場有 2 組平行跑道共計 4 條跑道，即長寬為 2700×60 公尺的 08R/26L、09L/27R 跑道，及 4142×45 公尺的 08L/26R 跑道、4200×45 公尺的 09R/27L 跑道。機場共有 3 個航廈，其中第二航廈由 6 個大廳組成，第三航廈主要提供給廉價航空使用。由於整個機場場面範圍相當廣大，故由 3 座機場管制塔臺(北、南及中央塔臺)及 2 處機坪管制臺(室)(1 處位於南塔臺內，另 1 處為獨立之機坪管制塔臺，稱東塔臺 Vigie traffic EAST)共同提供航管作業服務。

2023 年戴高樂機場以約 67,422,589 人次的旅客流量位列歐洲第三大機場，

高於阿姆斯特丹史基浦機場（約 61,889,586 人次），僅次於倫敦希斯羅機場（約 79,183,190 人次）、伊斯坦堡機場（約 76,029,091 人次）。

在 2019 年戴高樂機場平均每日架次高達 1,400 架，歷經新冠疫情架次減少後，在 2023 年每日約為 1,260 架，架次已經幾乎回到疫情前的水準。機場面對如此高之航情量，如何有效率運用 4 條跑道以及提供安全、有序地管制服務一直是飛航服務提供者所關注的課題。由於 2 組跑道彼此距離可滿足 ICAO 規定的平行起降標準，目前主要作業模式為優先使用 2 條較長之內跑道為離場跑道，2 條較短之外跑道為落地跑道；4 條跑道皆具第三類儀器降落系統設備，原則起飛往北的航機主要使用北跑道，起飛往南的航機則使用南跑道為主。其餘航機視停機位置以及評估滑行時間後，依當時航情決定使用跑道。另於尖峰時段或低能見度時，亦會視航情調整起降跑道。

本次參訪行程第一部分於戴高樂機場陸側區內，位於中央塔臺旁的飛航服務總部(Direction des Services de la Navigation Aérienne, DSNA) 進行，其隸屬於法國交通部民航總局 (Direction Générale de l'Aviation Civile, DGAC)。上午時段由飛航服務總部的飛航管理系統部門主任 Mr. Laurent Giger 介紹多塔臺管制運作，以及參觀航管設備機房及近場臺，下午時段參觀南塔臺作業。

## **(二)、 多塔臺作業方式、塔臺管制責任區劃分、備援機制**

戴高樂機場共有 3 座管制塔臺、1 座機坪管制塔臺(另有 1 處機坪管制室位於南塔臺內)。整個機場約略以位於中心點之中央塔臺(TWR Central)為南北塔臺作業責任區分，北塔臺(TWR North)位於第一航廈的東側，負責管制北跑道(09/27)起降以及第一航廈及第三航廈相關地面管制、機坪作業；南塔臺(TWR South)位於第二航廈間，負責南跑道(08/26)起降、地面作業，當夜間(2200L-0630L)航行量較低時，南北塔臺管制作業合併於中央塔臺進行。前面曾提及第二航廈是由 6 個大廳組成，停機坪數量多達 225 個，因此在南塔臺的管制室下一層樓設有南機坪管制室專門負責第二航廈機坪作業。於第二航廈東側另有 1 座東塔臺，實際僅負責管制第二航廈部分機坪作業。前述兩個機坪管制臺(室)由 DSNA 派駐人員輪值，但該人員非具有飛航管制員資格，而是取得 AMS(Apron Management

Service)執照後單獨值勤。位於第一航廈西側則有 FEDEX 專屬機坪，該範圍內由 FEDEX 自行管制，利用滑行道 B 及 M 作為與北塔臺地面管制席之管轄責任交接口。不論是機場塔臺管制或是機坪管制皆使用同一套航管系統。

表 1 戴高樂機場管制塔臺作業時間及責任範圍

塔臺	作業時間 (當地時間)	責任管制範圍	提供航管 服務者
北塔臺	0630-2200L	北跑道及地面管制作業 (含第一航廈機坪)	飛航管制員
南塔臺	0630-2200L	南跑道及地面管制作業	飛航管制員
中央塔臺	2200-0630L	夜間離峰時段負責整座 機場管制作業	飛航管制員
南機坪管制臺 (室)	0630-2400L	第二航廈機坪作業	機坪管制員
東機坪管制臺	0630-2030L	第二航廈邊區機坪作業	機坪管制員

由於戴高樂機場共有 3 座管制塔臺，彼此皆能提供備援。備援機制主要以北塔臺作為主備援塔臺，仍維持 4 條跑道運作但會降低容量以維持飛航安全。平時只有針對火警時的人員疏散進行定期演習，而無固定針對持續運作演練。

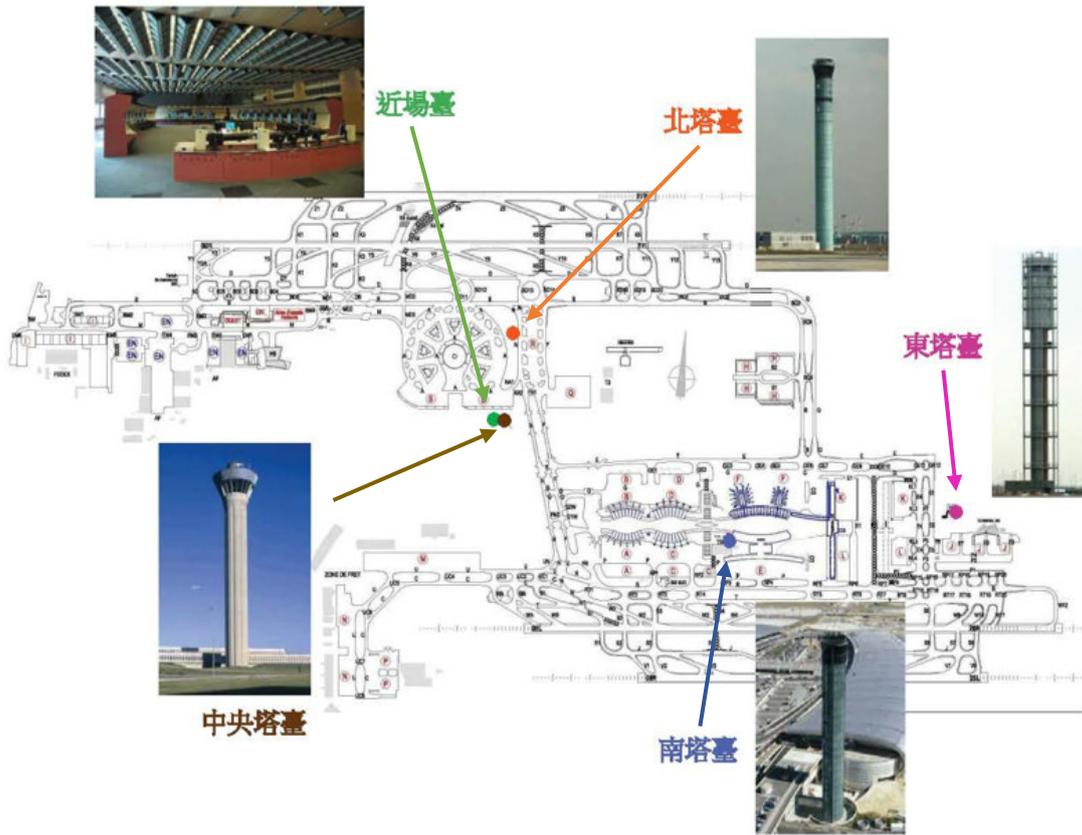


圖 1 戴高樂機場管制塔臺位置圖

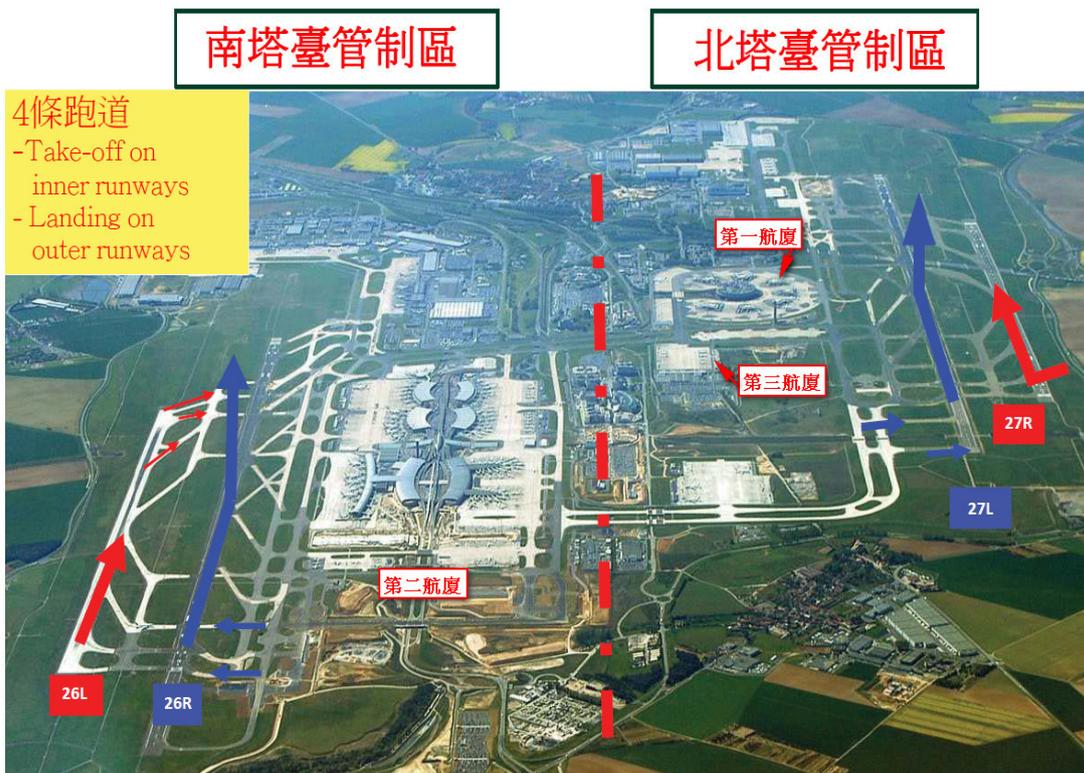


圖 2 戴高樂機場管制責任分區圖



圖 3 中央塔臺外觀



圖 4 飛航服務總部入口



圖 5 南塔臺外觀



圖 6 塔臺管制席位(左-許可頒發管制席；右-地面管制及機場管制席)



圖 7 南塔臺管制室督導席

由於機場場面遼闊、滑行道眾多且複雜，地面管制高度仰賴「先進場面活動導引及管制系統(Advanced-Surface Movement Guidance and Control Systems，後續簡稱 A-SMGCS)」以監控航機、車輛之動態。該系統供應商為西班牙 INDRA 集團，目前以 Level 2(場面監視+安全告警)為運作模式。



圖 8 每個席位皆配置 2 個 A-SMGCS 顯示器



圖 9 停機坪資訊系統局部放大可清楚顯示停機坪作業提醒

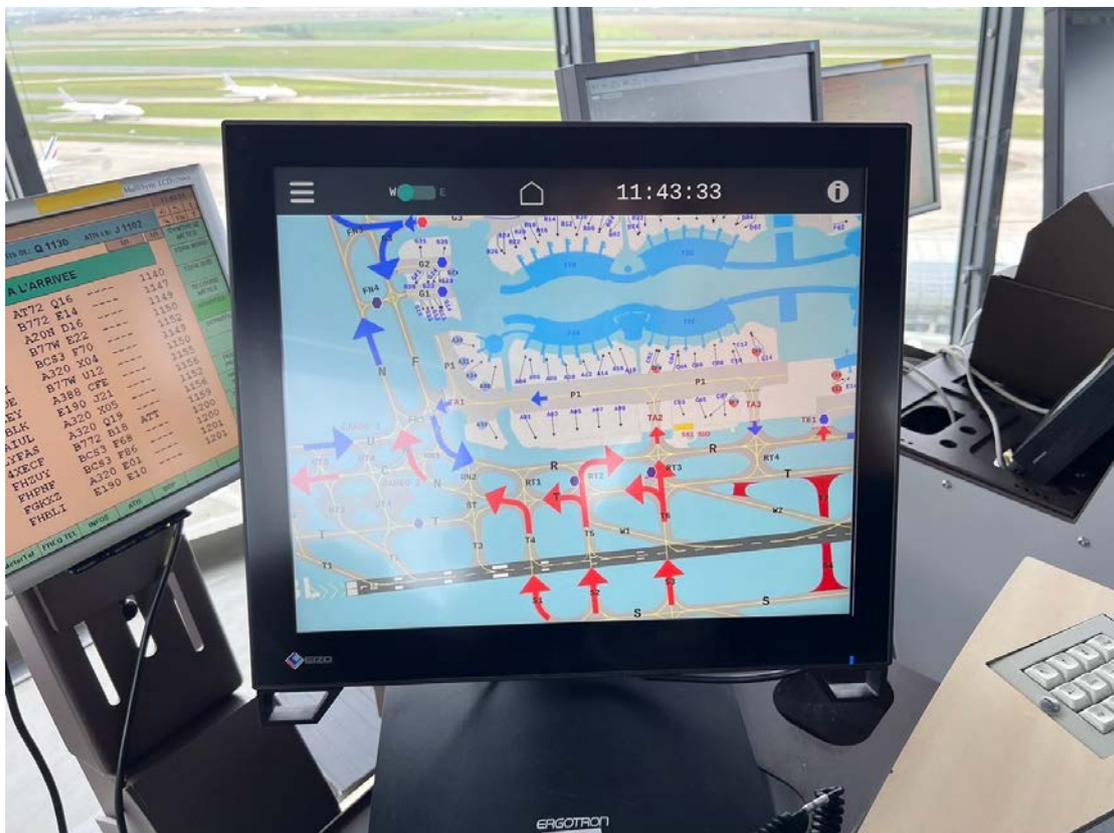


圖 10 作業畫面清楚顯示離到場航機滑行方向指示

DSNA 以使用跑道向西或是向東作業，特別規範滑行方向作業圖供使用者參考，南、北面跑道各設兩個地面管制席提供管制服務，並特別於機場圖表上標示與跑道有交會的滑行道為熱區(HOT SPOT)，希冀減少管制員頒發滑行許可口誤而造成的地面衝突。

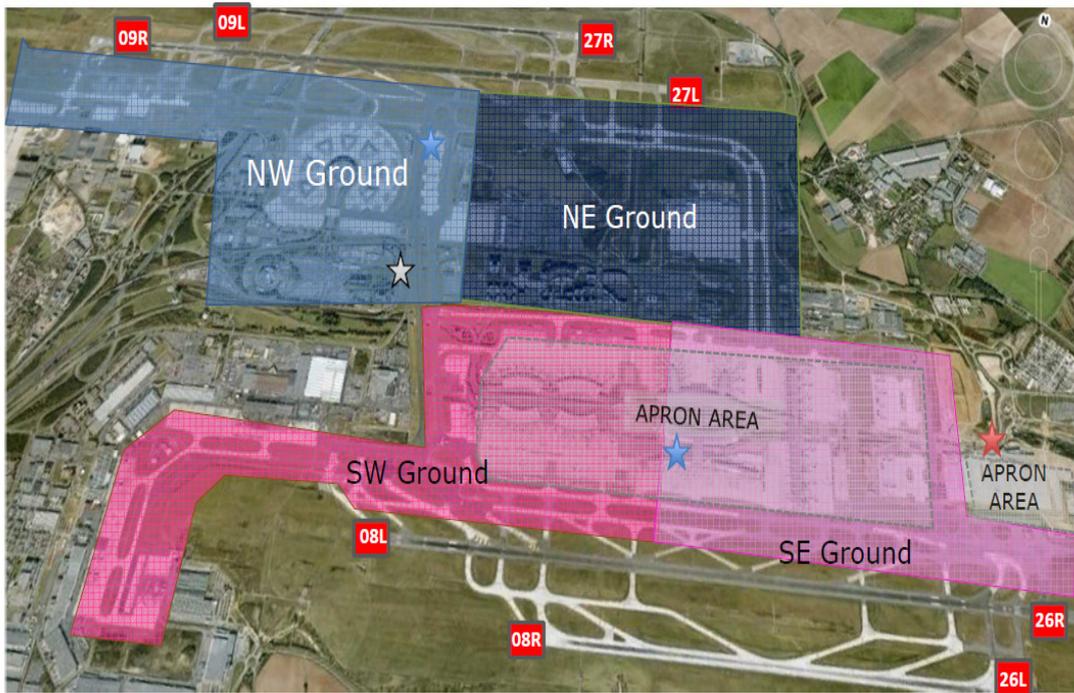


圖 11 地面管制責任區分圖

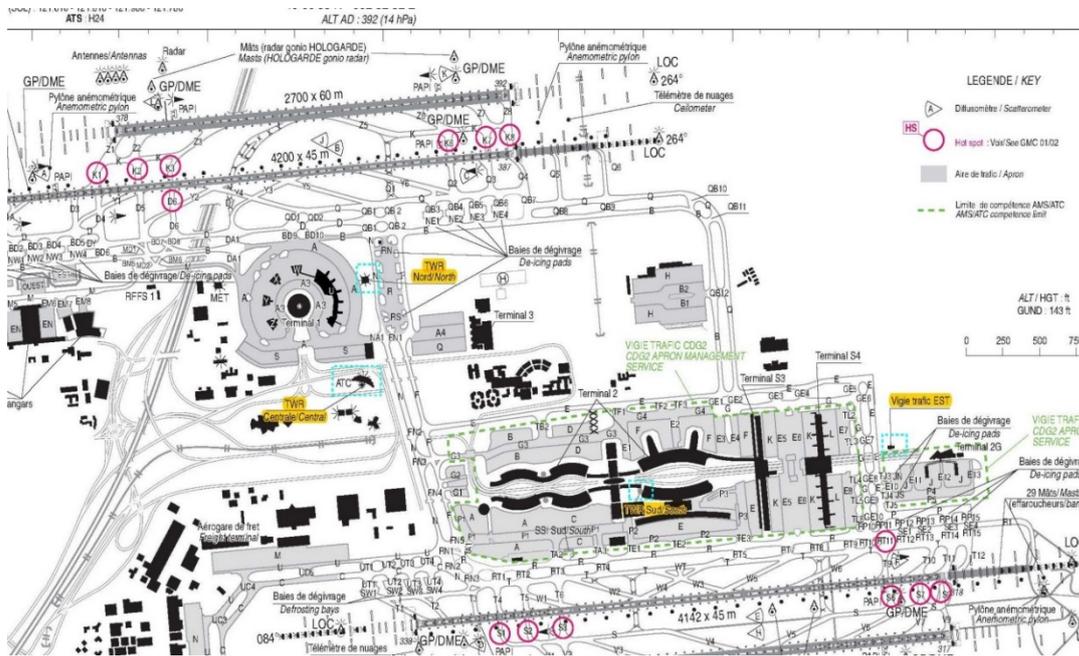


圖 12 戴高樂機場場面熱區警示圖



圖 13 南塔臺作業室視野(畫面左邊為中央塔臺，右邊為北塔臺)

戴高樂近場臺位於飛航總部二樓，設有 1 個督導席、4 個離場席、9 個到場席及 4 個軍方管制席。另設有 2 個塔臺備援席及 2 個 Pontoise 近場臺(位於戴高樂機場西方)之異地備援席位。



圖 14 戴高樂近場臺管制室(左-離場席；中後-軍方席；右-到場席；中前:督導席)

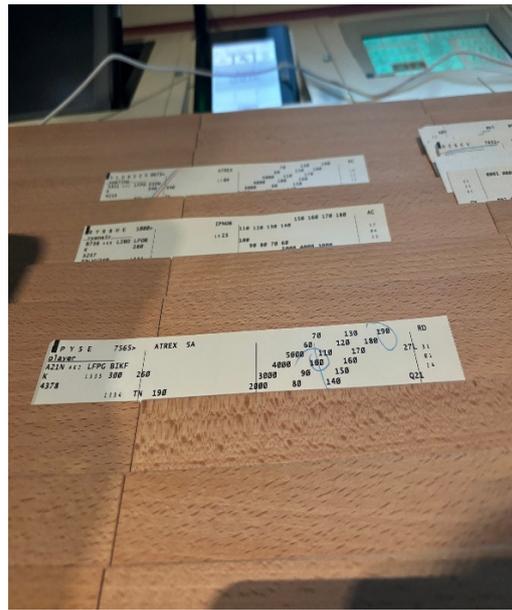


圖 15 機尾亂流隔離對照表及紙本管制條



圖 16 近場管制席位設備圖

塔臺以及近場臺的機電設備皆位於同一機房內，該機房位於飛航服務總部一樓，由機電人員 24 小時進行監控。



圖 17 航電工程師 Mr. David Claude-Pierre 於維護機房說明系統運作



圖 18 機房設備(左:近場臺設備監控螢幕 右:工程師例行檢查)

### (三)、 管制員招聘及人員訓練

法國的飛航管制員與臺灣的管制員皆屬隸屬於政府單位，但是招聘及訓練方式與臺灣有相當大的不同。有意願者須先於工程學院通過基本數理考試後方能取得管制員受訓資格，之後進入位於法國南部土魯斯(Toulouse)的民航學院(Ecole Nationale de l'Aviation Civile, ENAC)接受為期 18 個月的學科及模擬機訓練。在民航學院時學員需同時接受塔臺、近場臺及區管中心的相關課程，最後依照訓練結束前的期末考核成績排名，意即成績第一名的人先選志願，可以自由選擇至塔臺、近場臺或區管中心做為在職訓練的單位也是日後工作的地點，但之後仍可視人力調動。

塔臺在職訓練期程約為 16 個月，以戴高樂機場為例，3 座塔臺都要考核通過方能成為塔臺管制員。於塔臺輪值的同時，也開始近場臺的在職訓練，經過約 21 個月的期程後取得近場臺管制資格。總計前後至少歷經 3 年、通過一系列的學術科考核及檢定，始成為合格的飛航管制員。

### (四)、 低能見度作業及數位監視設備之運用

戴高樂機場低能見度作業(Low Visibility Procedure, LVP)標準為當跑道視程小於或等於 600 公尺，或(及)雲霧高低於 200 呎且所有助導航設備正常運作時，則啟動該作業模式。北面及南面跑道可以分別獨立進入 LVP 作業模式，並規定使用 LVP 之跑道不能使用預期隔離，當落地跑道有航機落地時，起飛跑道不能滾行。

機場於 2016、2017 年分別啟用 08L/26R、09R/27L 之「跑道狀態燈系統(Runway Status Lights, RWSL)」，該系統商為 INDRA，當時為歐洲第一個使用該系統之機場。航機使用 09L/27R、08R/26L 落地時，08L/26R、09R/27L 之跑道停止線燈(Stop bar Light)會自動運作，提供航機及車輛之安全警示，此監視設備的應用在 LVP 時更能降低跑道入侵的機率。另外機場共有 4 座 SMR、26 個 MLAT 站臺於場面運作，所有行駛於場面的車輛都必須配有詢答機(transponder)以利管制員監控。

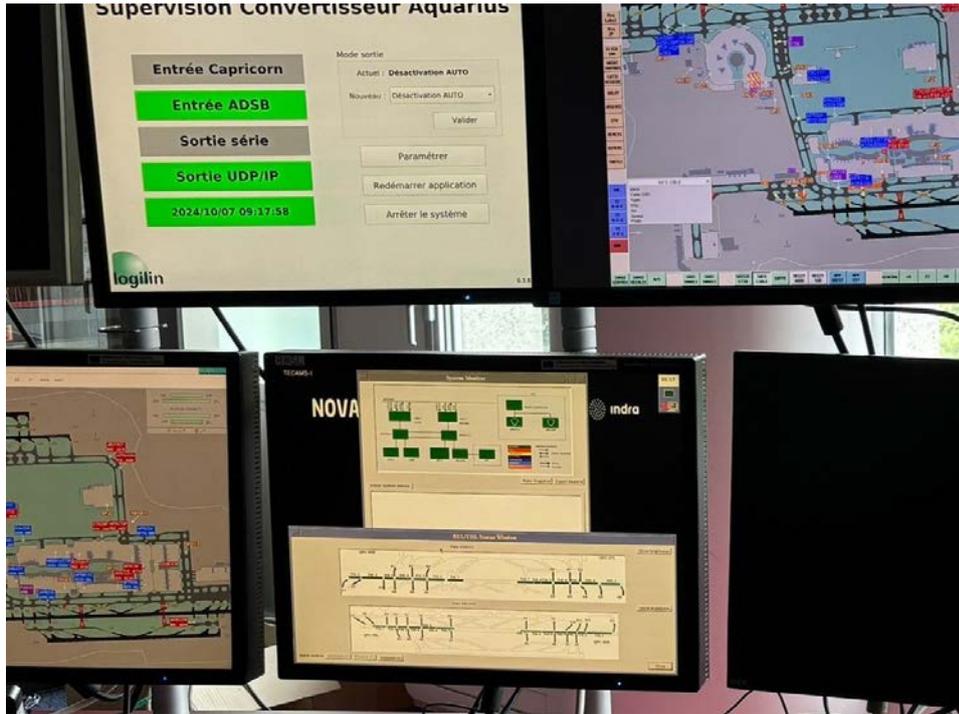


圖 19 跑道狀態燈監控畫面

#### (五)、 數位化塔臺的現況與未來規劃

對於數位塔臺的未來發展，我們很驚訝地的發現法方表示短期間內都沒有相關規劃，他們表示雖然現在不少國家都在規劃或建置數位塔臺或遠端塔臺，但因戴高樂機場本身已有 3 座實體機場管制塔臺彼此可互為備援，同時配有多種類場面監視設備及專門的機坪管制單位，已能滿足監控需求，因此目前只就專門管制第二航廈部份機坪的東塔臺，規劃於 2026 年合併至南塔臺下方的機坪管制室，屆時將會裁撤東塔臺。

#### (六)、 MAESTRO 功能使用經驗與系統參數設置

##### 1. MAESTRO 簡介

本區現有到場管理工具為飛航管理系統(ATMS)下之 MAESTRO 功能，該功能係為系統結合在空與地面風向風速、跑道容量、機尾亂流分類等資訊，自動針對特定機場航班進行有效率的排程，以協助管制員進行排序決策，並分有 AMAN(到場管理)及 DMAN(離場管理)2 種不同子功能，本區 MAESTRO 目前僅配置有 AMAN 功能。

##### 2. 戴高樂機場 MAESTRO 使用簡況

戴高樂機場使用 MAESTRO 已有 20 年以上經驗，並同時擁有 AMAN 及 DMAN 功能，本次參訪針對本區需求，以觀察 AMAN 相關功能及系統參數設置等為主。戴高樂機場目前全天候使用 AMAN 進行到場航機時間計算及排序建議，區域管制、近場管制、塔臺管制員皆監看 AMAN 並配合到場序列，僅近場管制員擁有調整系統基本設置、到場航機序列更換、指定航機過點速度之權限，區管管制員如需調整到場航機順序，需以電話向近場管制員協調順序。

### 3. 常態作業方式

近場管制員需手動進行系統設置，如輸入高空(約 10000 呎)風向風速、地面風向風速，及當時之到場隔離距離(常態作業下為 3 海浬)等，AMAN 始能精確計算到場序列。於常態作業下，區管管制員針對每架到場航機皆需配合系統建議之過 Feeder Fix(FF，區管交接給近場之點位，目前戴高樂機場設置為各 IAF 點)時間交管至近場管制。

近場管制員配合 AMAN 到場序列作業，擁有控制尚未到達 FF 之航機速度及過 FF 點時間之權力，並可使用 AMAN 介面直接以指定過 FF 時間(EAT/CTA)、指定航機過點速度(Transfer Speed)等直接向區管管制員要求進行某航機之速度及時間調整，且於到場航情尖峰時段配有序列協調席(Sequencer)席位，專責 AMAN 系統設置、序列調整及相關協調作業，非尖峰時段則由協調員負責。

### 4. 與本區之差異

有關前述指定過 FF 時間功能(EAT/CTA)，本區有經過初步驗證，但尚未投入使用；指定航機過點速度(Transfer Speed)本區並無此功能。自本區 ATMS 完成期中升級後，MAESTRO 新增 Trajectory Predictor(TP)功能，可藉由監視資料之輔助判斷航機位置以精進到場排序，經功能測試及調校，目前已將 TP 功能內近場端之落地偵測、重飛偵測，以及航路端之 ACC TP 投入使用。於本次參訪發現戴高樂機場並未使用落地偵測及重飛偵測功能，因 AMAN 到場序列無

法以實際監視資料得知航機落地及重飛資訊，可能造成航機實際尚未落地，但 AMAN 到場序列中該航機已逾預計落地時間而顯示為落地，當此現象造成航機有與實際落地情形等差異時，戴高樂機場管制員需手動調整航機順序，以維持系統與實際航情一致。

## 5. 較本區豐富之功能

戴高樂機場所使用之 AMAN 介面有幾項功能為本區尚未配置，如：

- (1). AMAN 與航管系統之顏色連結性，管制員可於畫面上以航跡符號(track)及文字方塊(label)之不同顏色，直覺性之區分出此航機為戴高樂機場北面跑道落地(如圖 19 之淡粉紅色航機)、南面跑道落地(如圖 19 之橘色航機)、鄰近機場落地(如圖 19 之紫色航機)、起飛航機(如圖 19 之淡藍色航機)等差別，對管制作業相當有幫助。
- (2). 指定航機過點速度(Transfer Speed)，近場管制員得由 AMAN 介面直接以系統傳送指令方式替代傳統之電話協調，增加協作效率。
- (3). 到場航機之停機坪號碼可顯示於 AMAN 介面中(如圖 20 之紅框處)，增加管制員便利性。

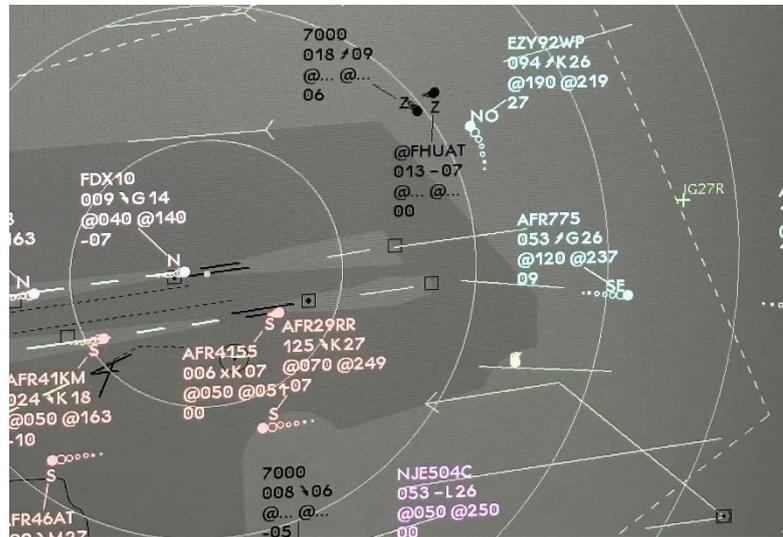


圖 20 近場管制員主要航情顯示畫面(擷取部分航機)

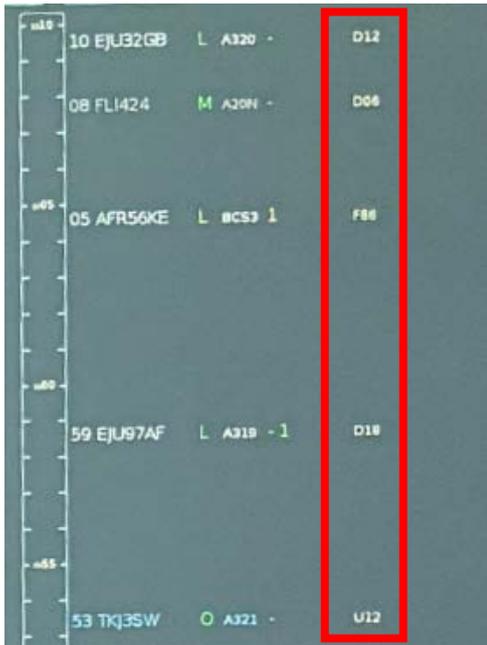


圖 21 近場管制員 AMAN 顯示畫面  
(擷取部分航機)



圖 22 MAESTRO 系統測試環境  
與監控螢幕

## 二、 參加 Thales 使用者代表大會(Better Sky Together)

本案於事前規劃協調參訪日期及行程時，因參訪戴高樂機場塔臺之日期與本年度 Thales 使用者代表大會(Better Sky Together)日程相近，Thales 公司邀請本總臺出國代表參加此次會議，考量藉此機會能參與會中對數位塔臺、到場管理與航管系統未來趨勢等先進功能之討論，並獲取其他國家對航管系統之使用經驗與建置方案等，爰本總臺出國代表於執行本案期間參加此會。

本次大會 Thales 公司廣邀各國飛航服務提供者(Air Navigation Services Providers, ANSP) 與會，總議程共有 4 天，擇與本次出國目的相關之項目，故參與其中 2 天：10 月 8 日為研討會形式，Thales 及數位 ANSP 代表針對航管系統未來趨勢進行簡報及專題討論，10 月 9 日則至漢斯區域管制中心(Reims ACC)進行參訪，主要針對法國區域管制中心新建置之 4-Flight 航管系統進行介紹。

### (一)、 飛航管理市場趨勢 Setting the scene: ATM market trends

主講：Mr. Marc Dufourmantelle (VP Strategy & Public Affairs for Airspace Mobility Solutions - Thales)

Mr. Dufourmantelle 先以 Covid-19 疫情解封後之航行量回歸，及未來航行量穩定成長之趨勢為出發點，講述現有之航管系統與作業方式面對未來增長之航行量將有極大困難，並提出用戶聯盟 Alliance One 之概念，將傳統買斷式之航管系統轉為靈活之訂閱制方式，ANSP 間可匯集彼此意見並共同引導系統軟體之未來發展，透過共用資源的方式達成協同創新，降低各 ANSP 間對同一功能之重複投資，且 ANSP 可根據自身需求及財務條件靈活選擇軟體功能更新之規模，可幫助提升成本效益同時促進各國間合作與資訊流通。但聯盟內部因應各 ANSP 不同之需求，該如何針對需求面進行協商與討論最後選擇研發之功能，以確保各成員之需求皆被妥善處理，將為該聯盟之一大挑戰。

針對未來之數位塔臺趨勢，除了有不同之數位塔臺設立模式，從實體塔臺內安裝數位監視設備加強盲區監控，到建立全新之監視設備並在現地或遠端，甚至是不同機場之塔臺內建置數位塔臺等，各種不同的需求皆能發展出不同之

數位塔臺類型；另有功能上之發展趨勢，如全景顯示螢幕之銜接精準度提升、地圖 3D 化並結合擴增實境、資料整合及處理之平台發展、更彈性的系統顯示介面設計，甚至是 AI 增強之軌跡偵測功能、影像辨識之安全網告警功能等，皆為未來可能之數位塔臺發展趨勢。

## (二)、 邁向永續天空 Towards sustainable skies

主講：Mr. Pierre Berolatti (Deputy Chief of Operations at Direction des Services de la Navigation Aérienne - DSNA), Mr. Reynir Sirgudsson (Executive Director - Borealis Alliance)

為了達成永續天空之目標，航空業各個利害相關者皆致力於研究減少碳排放之手段與可行性。本場專題演講為 ANSP 分享自身減碳成果，先由法國 ANSP (DSNA)之項目負責人 Mr. Berolatti 說明 DSNA 於 2030 年之願景 Green Ops，係擬同時改善航機於水平面及垂直面之運作效率，並以飛航空層 FL195 以上全自由航路空域(Free Route Airspace, FRA)及法國前十大機場皆能進行持續下降操作 Continuous Descent Operation, CDO)等為目標。透過蒐集航空公司意見、協調航管作業與鬆綁部分限制之可能性等流程，目前已針對特定案例如戴高樂機場西南方向之到場航機，解除夜間時段之部分下降限制，及針對冬季蘇黎世機場之到場航機，調整法國與瑞士間航管作業協議書之部分內容等，成功優化航機下降軌跡並降低航機碳排。預計前述戴高樂機場受益到場航機每班可降低 200 至 300 公斤之燃油消耗；蘇黎世機場受益到場航機每班可降低 30 至 50 公斤之燃油消耗。

接下來由 Borealis 聯盟之執行董事 Mr. Sirgudsson 進行演講，Borealis 聯盟於 2012 年成立，目前由西歐及北歐的 9 個 ANSP(丹麥、愛沙尼亞、芬蘭、冰島、愛爾蘭、拉脫維亞、挪威、瑞典、英國)組成，聯盟成立宗旨為透過策略性之商業合作以增進飛航效率及降低環境影響，本次說明 Borealis 聯盟於成立以來致力於推動 FRA(自由航路空域)之形成，2012 年先於愛爾蘭、丹麥、瑞典等空域實行、2015 年進一步拓展至挪威、芬蘭、愛沙尼亞、拉脫維亞、2019 年加入冰島空域，預計 2027 年英國也實行 FRA 之後，Borealis 聯盟將於成員國間達成全

FRA 之目標，透過解除傳統航路之限制，讓航空公司自由規劃更短、更直達之飛航路徑，預計每年省下 3 萬噸之燃油、降低 9.4 萬噸二氧化碳排放。

### (三)、 澳洲空域管理之轉變 Transforming Australia' s Airspace Management

主講：Mr. Greg Houghton (Acting Head of Transformation - OneSKY - Airservices Australia)

Mr. Houghton 首先說明澳洲幅員廣大，共劃分為 2 個飛航情報區，掌管 11% 之全球空域。於 2018 年，澳洲決議成立 OneSKY 專案，規劃新航管系統(CMATs, Civil Military Air Traffic Management System)，整併並取代現今民用航空與軍用航空不同之航管系統，達成單一且無縫天空之目標，在確保飛航安全之前提下，讓民方與軍方共享資訊，雙邊皆提升情境覺察能力，以共同應對未來之航情成長、逐步制定之規範及可能變動之標準，並實行航路最佳化、彈性空域使用等未來趨勢。身為 OneSKY 專案轉移執行長，Mr. Houghton 分享此專案之軍民系統需求差異識別及功能選擇、系統舊址區位及新址選擇與整併、系統建置預期功能及效益等。他指出，CMATS 預計於 2027 年建置完成，之後將能於 20 年之服務期間內以航路最佳化、CDO 實行、空域之共同運用、生產力提升等，提供約 271 億澳幣(折合新臺幣約 5670 億)之經濟效益，並提及未來將會因應 CMATS 成立國家空域管理中心(National Airspace Management Office, NAMO)，以達成軍民間無縫資訊共享及協調、彈性空域使用、單一對外窗口之目的。

### (四)、 地到空科技面之未來發展 Tomorrow' s skies: technology perspectives from ground to space

與談人：Mr. Ulf Thibblin (Chief Technical Officer - LfV), Mr. Andreas Boschen (Executive Director - Sesar 3 Joint Undertaking), Ms. Maria Algar Ruiz (EASA Drone Programme Manager - EASA), Mr. Benjamin Binet (MD Navigation & Surveillance - Thales), Mr. Philip Plantholt (GM and Global Head, Aviation - Spire Global), Ms. Charlotte Neyret (CEO - ESSP)

本階段共有 2 場專題討論，邀請 ANSP、產品提供者及規範制定者等為與談人，共同討論未來之科技趨勢。第 1 場次由 LfV(瑞典 ANSP)之科技長 Mr. Thibblin、

歐洲單一天空研究聯合組織 (SESAR 3 JU)之執行長 Mr. Boschen、及歐盟航空安全總署(EASA)無人機部門專案經理 Ms. Ruiz 共同討論，主要針對人工智慧、數據化通訊方式、雲端運算、網路安全(Cybersecurity)等分享現階段之成果以及未來之可能性。Mr. Thibblin 及 Mr. Boschen 提及科技發展於航管系統之重要性，並強調雖然航空業總是因為追求絕對的安全及穩定性，而無法在第一時間實際運用新的科技手段，但為了面對未來增長之航行量，勢必要尋求更有效率之手段，如機器學習、人工智慧等，同時也不能忽略網路安全的重要性。Ms. Ruiz 提到，有關人工智慧，EASA 已於 2024 年提出第 1 及 2 級機器學習應用指引之概念文件(Concept Paper)；有關數據化通訊方式，EASA 也於 2022 年提出白皮書供航空公司及飛機製造商參考；但仍有許多其他面向如雲端運算、網路安全等，尚未完成訂定規範之必要討論及決策。

第 2 場次邀集 Spire Global 公司總經理 Mr. Plantholt、ESSP 公司執行長 Ms. Neyret 及 Thales 導航及監視部門總經理 Mr. Binet 討論星基監視技術(Satellite Based Surveillance)之成果與未來發展，Mr. Plantholt 首先說明 Spire Global 公司作為衛星設計、生產及運作者，目前已發射超過 170 顆各類衛星，為全球最大之多功能衛星星系。自 2018 年以來持續發展星基 ADS-B 技術，於 2019 年已能產出 ADS-B 衛星並持續精進技術，截至 2024 年，多功能衛星星系內已有 65 顆搭載 ADS-B 功能之衛星，用以提供星基 ADS-B 服務。Ms. Neyret 說明 ESSP 公司作為泛歐洲唯一的私人 ANSP，主要業務為提供通訊、導航及監視(Communication, Navigation and Surveillance, CNS)方面之技術專業服務，尤其是星基相關部分。Mr. Binet 接續說明 Thales, Spire Global 及 ESSP 共同推進之星基 ADS-B 計畫及願景，自 2022 年以最初步之可行性研究開始，預計於 2027 年可進行飛航管制實際運用之第 1 階段，主要應用於洋區、偏遠陸地區域等監視涵蓋較差之區域；於 2031 年實行第 2 階段，預計能於包含航路及近場階段等全空域提供高效星基 ADS-B 服務，並與雷達監視效能相當，於 2035 年實行第 3 階段，提供其他類型之星基服務，如無線電通訊等。

## (五)、 合作面之未來發展 Tomorrow' s skies: collaboration and cooperation

主講：Ms. Katrina Hall (Deputy COO, FAA ATO – FAA), Mr. Dario Grgurić  
(COOPANS General Manager - COOPANS Alliance)

本場次先由美國聯邦航空總署空中交通組織(FAA ATO)之營運長 Ms. Hall 說明美國飛航管制基礎設施及雷達等現況與發展，Ms. Hall 提到美國雖然航空業發展相關興盛、地面設施完善，但因基礎設施如需汰換所涉資本龐大，不僅預算編列困難，還常遭遇審查卡關、政府關門等事件，以致難以即時汰換各式基礎設施，現行如飛航管制塔臺平均服役已達 40 年、雷達設備平均 36 年，航路管制中心甚至從未汰換，已達平均 62 年之服役時間，各項設備老舊，造成零件缺件、維護困難、維修成本大增等。Ms. Hall 指出雖然現況遭遇許多困難，但未來仍會持續透過逐步汰換方式因應，例如將諸多雷達拆為多批分別汰換，以縮減每次所需經費等。

後由 COOPANS 聯盟執行長 Mr. Grgurić 進行發表，Mr. Grgurić 說明 COOPANS 身為 6 個 ANSP(奧地利、克羅埃西亞、丹麥、愛爾蘭、葡萄牙、瑞典)共同組成的國際夥伴關係，希望透過結盟來有效運行、更新並完善航管系統。成員間雖橫跨北歐至南歐，各區航情比例結構迥異，系統需求截然不同，但透過溝通與合作，聯盟已成功建立成熟運作模式，意即成員間先溝通彼此對系統之意見及需求，達成共識後以共同體方式向航管系統廠商要求系統功能改善及更新項目。此模式不僅廠商會因成員國數量眾多而更重視需求，且能透過成員之間平攤而降低成本，並因成員國間多使用同一系統平臺，系統整合及驗測程序可大幅降低，更進一步增加功能推行之效率且壓低成本，達到各方共榮之境界。

## (六)、 漢斯區域管制中心(Reims ACC)參訪

10 月 9 日至漢斯區域管制中心(Reims ACC)進行參訪，主要針對法國新建置之 4-Flight 航管系統進行介紹，2011 年 DSNA 與 Thales 合作並開啟 4-Flight 專案，希望替代當時使用之老舊 CAUTRA 系統，建立能一體適用於法國 5 個區域管制中心(漢斯、馬賽、巴黎、布雷斯特及波爾多)之新航管系統，並能配備更新的系統功能，以配合近年來演進之作業習慣，且符合歐洲單一天空(Single

European Sky, SES)之未來趨勢。因法國幅員廣大，各 ACC 區域特性及需求截然不同，故以漢斯及馬賽 ACC 作為先期測試及安裝陣地，後續再逐步擴展到其餘 ACC，以避免系統轉移一步到位之風險，增加各區釐清系統需求之時間，並降低人員工作負荷。

4-Flight 相較於 CAUTRA 系統，提供更多之系統功能，如增強之飛航資料處理系統(eFDPS)，擁有電子管制條功能，並能將即時軌跡資料實時更新，同時支援新的安全網告警功能如航機衝突告警(Tactical Control Tool, TCT)等，並具備飛航資料處理(FDO)席位以供系統進行即時之飛航資料修改。另可支援管制員-駕駛員資料鏈結通信(Controller-pilot data link communications, CPDLC)功能、具備全自由航路空域(FRA)、四維飛航路徑管理(Trajectory- Based Operations, TBO)等所需之作業環境，前述 FRA、TBO 等皆為歐洲單一天空飛航管理研究(Single European Sky ATM Research, SESAR)所推廣之未來趨勢，對減少溫室氣體排放等皆有益處。

2016 年	Thales 遞交可作業用之初版軟體予漢斯及馬賽 ACC，並著手建置系統設備；釐清巴黎 ACC 之系統功能需求。
2017 年	於漢斯及馬賽 ACC 進行實際管制作業之第一次試作。
2020 年	開始建置巴黎 ACC 之系統設備。
2022 年	於漢斯、馬賽 ACC 進行無縫之系統轉移。
2024 年	於巴黎 ACC 進行實際管制作業之長時間試作。
預計 2025 年 3 月	進行巴黎 ACC 之系統轉移。並後續研擬布雷斯特及波爾多 ACC 之系統轉移時程。

表 2 4-Flight 自 2011 年專案建立以來之重要里程碑

### 三、 參訪 Thales 公司總部 Skylab

Thales 公司總部位於巴黎南面的奧利機場(Orly Airport)旁，此次參觀該公司的塔臺模擬機室，由 Olivier Seguin 先生(Head of Business Development)為我們進行解說以及示範數位塔臺模擬機操作。接著 Cecile Bauvir 女士(MAESTRO/ Topsky Sequencer 專家)介紹 Thales 到場管理工具(現本區使用 MAESTRO；Thales 新研發 Topsky Sequencer 適用於新航管系統軟體 Topsky-ATC 1)之基本功能、介面操作，接著展示 Topsky-ATC 1 之相關功能。

在詢問有關數位塔臺的技術以及趨勢，Thales 公司表示具備高清的攝影機以及穩定的光纖網路傳輸設備、管制室內大型視訊牆(拼接螢幕)等裝置是目前建置數位塔臺的基本要求。然每個機場條件以及環境各有不同，端看 ANSP 目的是希望透過這些技術降低哪方面的作業風險並提高管制效能，所需要配置的設備也會大大不同。同時也提到一般在實體塔臺管制席位設置曲面顯示器以輔助管制員監控視線盲區的做法，當遇到低能見度或是夜間作業時，仍有其受限之處。因此 Thales 目前的發展策略偏向監視訊號的強化以及整合既有應用程式，而不單只是處理影像畫面，透過將所有基本資訊的清晰地呈現在管制席位的單一 HMI 畫面，以優化管制員反應時間以及提升效率。



圖 23 Thales 公司總部大廳



圖 24 Skylab 內的數位塔臺模擬機室



圖 25 離到場管理系統與 A-SMGCS 視窗可互相切換



圖 26 Olivier Seguin 解說數位塔臺模擬機系統介面



圖 27 Topsy Sequencer 操作介面



圖 28 Cecile Bauvir (MAESTRO/ Topsky Sequencer 專家)介紹系統



圖 29 Orchestrator (Thales 新流量管理工具)偵測到航機可使用 CDO 程序可能性



## 肆、心得

### 一、有關戴高樂機場管制作業運作

戴高樂機場整體占地廣大，在 1973 年成立初期即有計畫地購買機場周邊土地，為未來發展所需空間預留規劃，因此戴高樂機場至今仍有足夠跑道使用容量，亦有空間建立新的跑道與航廈。且因周遭環境空曠，於儀航程序設計上受限較少，大致原則以起飛朝北的航機主要使用北跑道，起飛往南的航機則使用南跑道原則，因此可以想見航機與車輛於跑滑道移動路線錯縱複雜，而透過塔臺(南北塔臺)清楚的責任區劃分，能大幅降低協調頻率與衝突風險。

且因規劃階段同時將跑道、航廈、機坪及塔臺做通盤考量，故塔臺高度在符合法規規範的同時，塔臺管制室視野未因航廈坐落位置與高度而出現責任區視線遮蔽問題。例如北塔臺塔高 80 公尺(相當於 25 層樓高)視野良好，專門負責北面跑道起降、滑行作業，而南塔臺因整體高度較矮約為 14 層樓高，故另設機坪管制室及東塔臺以因應後來增建航廈的機坪管理作業。

桃園國際機場現正進行第三跑道及第二塔臺的規劃，第三跑道配合用地徵收進度分階段規劃工程施工項目。而第二塔臺為配合桃機公司對於北面新增用地之施工規劃，於塔臺位置的選擇、塔臺高度與量體、基礎設施等項目尚可配合桃機公司施工近期規劃(如：西側標工程、跑道標工程)。然而，屬遠期規劃之東側標工程，因目前尚未見明確設計內容，第二塔臺規劃則無法納入相關考量，也因此參訪過程中，特別詢問法方有關視線遮蔽的解決方式。法方表示管制員在如此遼闊的場面管制航機活動，無法僅依靠目視方式，需高度仰賴監視輔助系統，例如閉路電視 (Closed-circuit television, CCTV)、ADS-B、A-SMGCS，且又會依照每座塔臺特性及責任區而採用不同之輔助系統配置，如北塔臺地面管制作業包含機坪管制，因此配有 CCTV 監看螢幕，但是南塔臺因另設有機坪管制室，故塔臺管制席位上無配置 CCTV 監看螢幕。4 座塔臺主要參考 A-SMGCS 執行地面、機坪管制作業，搭配 RWSL 的安全警示功能以確保整體場面活動的安全。

另一個令人值得思考的是，不同於國際間先進國家積極建置數位塔臺、遠

端塔臺之趨勢，法方對於戴高樂機場建置數位塔臺或遠端塔臺是持謹慎且保守的態度。法方表示，雖然技術層面之規範要求(例如：高解析度影像即時傳輸、基礎設施維護等議題)以該機場之營運規模及維護量能來說，皆不構成問題，然法方更著重於務實思考相關規劃之「必要性」。如前段文字所述，就戴高樂機場本身而言，已具有 3 座實體塔臺可以互為備援，不存在以數位/遠端塔臺做為備援設施之必要性，以現行作業情況觀之，該機場透過多重監視設備、機坪管制等作為，已消弭責任區監控視線遮蔽問題，降低衝突風險，故他們認為戴高樂機場暫無發展數位/遠端塔臺的必要。

## 二、 有關到場管理(MAESTRO)

本次參訪發現戴高樂機場使用 MAESTRO 之習慣與本區差異甚大，無論是管制員之權責、MAESTRO 介入管制作業之深度、乃至於系統功能多寡皆有所區別。本區目前 MAESTRO 相關參數(如：使用跑道、到場容量)設定者為近場管制員之權責，但區管管制員一樣擁有直接於系統上調整到場航機順序之權限，與法方僅有近場管制得以調整相關參數之機制明顯不同；而戴高樂機場之近場管制設有序列協調席，並由近場管制員於尖峰時輪值，其職能與目前本區區管中心之航情管理席(目前該席位並無常態開設)類似，這部分法國端將權責置於近場管制，本區雖配置席位予航路管制，然有部分功能由近場管制設定，是為差異。

除了權責不同之外，戴高樂機場使用之航管系統功能也與本區有諸多差異，本區目前使用之航管系統 ATMS 為單一系統廠商(Thales)以模組化方式組合多項套裝軟體為一整套航管系統，內含諸多功能如監視資料解析與顯示、飛航資訊處理、安全網告警等，優點是在單一系統廠商之整合下，系統維護較為容易、資料介接整合度較高，但對於非原系統廠商設計之套裝軟體功能(如：MAESTRO 原為第三方廠商設計之產品)而言，該軟體功能受限於系統廠商之商業策略考量，於系統已實際上线運作後如擬再擴充功能，僅能洽該系統廠商處理。本次參訪時見到戴高樂機場塔臺管制員及近場管制員使用之航管系統，不屬於單一系統廠商之模組化套裝軟體，而是法方向多家廠商購買不同功能軟體，再自行整合

成一套航管系統，雖然維護或資料處理上會因不同廠商功能間之歧異而存在較大難度，但能分別就各項功能，於不同系統廠商之間比較及選擇最為有利之方案，本次參訪也見到高度客製化且便利之功能，如：以 AMAN 提供之資料將航情顯示器上之航機標示不同顏色用以快速辨識其飛行方向、AMAN 視窗上之航機到場資訊可顯示停機坪資訊等，皆為相當直覺且方便之功能。

### 三、 有關 Thales 使用者代表大會(Better Sky Together)及 Skylab

本次參與 Thales 使用者代表大會，不僅於演講及專題討論上獲得許多航管系統及作業面之新知，例如從單一國家航路最佳化到跨域飛行路徑設計以達減少碳排目的、討論星基技術與未來發展。且由於每個地區因其獨特之作業需求而演變出多元作業模式，在遵守國際規範之前提下，各地區制定之內部規範因地制宜、步調不一、空域特性不一、航空公司裝備更新速度不一，因此導致各區使用之航管系統及功能皆有極大差異。如何能在這些差異中透過跨區域協同合作及系統互操作性達成資訊共享、無縫天空，是各國一致認為未來飛航服務發展的重點。

此次實際參訪 Thales Skylab，親臨當地與研發工程師分享見解及實際遭遇問題，進行問題交流時皆能立即獲得回應，因此能更進一步了解當地之航管相關特性。現職作為管制員與系統工程師中間之橋梁，如能將思考之範疇擴展至全球，對於後續之系統問題解決、功能引進與使用規劃等，皆有極大益處。

## 伍、 建議

### 一、 參考國外經驗，持續優化系統功能

隨著桃園國際機場擴建北側場面而新增之第三跑道及相關跑滑道、衛星廊廳等設施，將使場面運作及管理更趨複雜。未來以雙塔臺進行機場管制作業，在規劃責任區時應考慮 2 座塔臺視野及任務做妥適的責任區劃分，例如未來規劃第一塔臺管制現有南北跑道及未來的端繞滑行道，與第二塔臺在端繞滑行道的責任區劃分界線應避開滑行道熱區(Hot spot)以降低作業風險。

同時隨著場面的擴大，未來北側新建航廈因屬分階段性規劃，設計尚未明確，故第二塔臺視線評估無法納入相關考量。未來倘發生周遭建物遮蔽塔臺視線之情況，建議進行監視涵蓋分析後評估增設監視設備或 CCTV 因應，並持續蒐集 RWSL 於國際上其他機場之使用情況、評估本區建置 RWSL 之必要性，如此能提供完整場面監控及告警功能輔助目視管制作業，以提升機場作業安全與服務品質。

戴高樂機場使用 MAESTRO 相關功能已有多年經驗，管制分工及職責明確，並依作業需要而發展系統功能，本區自 ATMS 期中升級後到場管理工具(MAESTRO)已啟用監視資料輔助(TP)之相關多項功能，透過監視訊號優化系統到場排序之準確性，本次參訪汲取法方經驗並初探系統功能擴充方向後，未來可評估於新一代航管系統納入相關系統功能，現行到場管理作業亦可參考法方作業經驗調整相關作業程序等方式，持續優化到場管理系統面或實際作業面之流程，強化飛航效率。

### 二、 持續關注數位/遠端塔臺發展之趨勢

如同前文所述，數位/遠端塔臺應用是近年國際間積極發展之新技術，然即便是如戴高樂機場航管部門表示在基礎技術層面上不構成困難，仍應以機場本身實際需求、環境條件為評估之基礎，是否有建置此類新興作業方式之必要性及不可替代性。採用數位/遠端塔臺作業前，該區之作業規定、人員訓練計畫、資通安全及航管作業規範皆須依循國際標準及考量當地需求，並進行妥適驗證

等，需謹慎檢視詳加規劃，攝影機之解析度及即時影像傳輸速度至為關鍵，維護需求大，倘遇電源中斷或網路中斷甚至是駭客入侵時，相關緊急應變程序、備援機制之啟動必然較實體塔台作業更具急迫性。

本總臺於113年5月期間派員參訪英國NATS(National Air Traffic Services) 的數位塔臺實驗室及倫敦城市機場的數位塔臺。該公司採用加拿大Searidge公司目前研發的5個數位塔臺模型，分別為Model 1：Tower in Tower(A機場畫面傳輸至B機場，由B機場管制員同時管制兩座機場)、Model 2：Remote Tower(遠端塔臺，適用小型機場)、Model 3：Remote Tower<sup>+</sup>(類似遠端塔臺但規模較大)、Model 4：Hybrid Tower(於既有塔臺中，在管制員工作檯面額外配置曲型螢幕，補足無法以目視所及之視線盲區)、Model 5：Full Digital Primary/Contingency Multi RWY/Multi Terminal HIRO Airport Facility(完全數位化取代實體塔臺)。倫敦城市機場數位塔臺應用前述Model 2、3之概念，管制室設在Swanwick管制中心(距離倫敦城市機場西南約130公里遠)。而英國最繁忙機場希斯洛機場(Heathrow Airport) 預計採用Model 4及5的概念，於2028年完成希斯洛塔臺的持續運作緊急應變數位塔臺建置。

未來規劃桃園第二塔臺時，除可先參考法國戴高樂機場評估自身條件是否需要設置數位塔臺，並持續關注希斯洛機場數位塔臺的建置狀況，參考倫敦城市機場數位塔臺實際運作經驗進行整體評估。後續隨著桃機北側場面分階段衛星廊廳建設明確後，針對可能造成視線遮蔽區域，或可導入數位塔臺的技術概念如透過高解析度攝影機、A-SMGCS訊號等以輔助管制作業，以提升管制效能及確保飛航安全。同時本區正規劃建置新一代航管系統，持續滾動檢討數位塔臺技術發展，配合光纖網路頻寬技術的提升、傳輸速度及穩定度經標準認證後，未來當遇需啟動持續運作計畫時，或可使用數位塔臺技術維持機場之正常運作。

### 三、 積極參與國際會議以尋求資訊共享、聯盟之可能性

本次 Thales 使用者代表大會上多位講者如 Borealis 聯盟之執行董事、COOPANS 聯盟執行長等皆提到聯盟之重要性，各 ANSP 間倘能透過策略同盟的方式，不僅能夠相互吸取經驗、共同討論出問題解方，更能於面對廠商或其

他利害關係人時擁有更大聲量與優勢。亞太區因地理與各國國情差異，或許不適合歐洲所採行之結盟模式，但本區身為東亞交通樞紐，倘能與鄰區甚或其他飛航情報區之 ANSP 保持友好且相互聯繫之關係，如有航管作業面或系統相關問題，即能相互交流並獲取彼此經驗，實有益處。為達此目的，建議積極參與如本次使用者大會或專門於亞太區舉辦之國際會議等，與來自各地之 ANSP、航空相關產業及服務提供者，分享及交流作業經驗，除能獲取最新訊息亦有助於本區飛航服務品質之提升。