

## 摘要

本研習旨在研習法國製作三維地質圖資及地質防災與監測方面的技術，作為中央地質調查所在未來三維防災地質圖測製之參考。研習期間共拜訪法國地質與礦業研究局、土魯斯保羅薩伯提爾(土魯斯第三)大學、格勒諾布爾喬瑟夫傅利葉大學(格勒諾布爾第一)大學及艾克斯普羅旺斯保羅賽尚(馬賽第三)大學等單位，與多位專家及教授進行深入研討，交換雙方現階段研究之經驗。

地質資訊走入三維展現及應用已為必然之趨勢，中央地質調查所亦積極發展三維地質資料技術，而此在防災方面的應用更是與國土保育、民生需要息息相關。本次研習已初步了解法國在三維地質分析技術及防災監測方法成效，可將學習經驗應用於未來相關施政計畫中。法國方面對我國的防災技術亦十分感興趣，本次研習實為未來雙方交流奠定了良好的基礎。

## 目 次

一、	目的 .....	1
二、	過程 .....	2
1.	法國地質與礦業研究局 (bureau de recherche géologiques et minières, BRGM).....	3
2.	保羅薩伯提爾大學 (土魯斯第三大學) 地質機制與轉換實驗室 (Laboratoire de mécanismes et transferts en géologie, LMTG, Université Paul Sabatier Toulouse III) .....	17
3.	喬瑟夫傅利葉大學 (格勒諾布爾第一大學) 地球物理與地質科技實驗室 (Laboratoire de géophysique interne et tectonophysique, LGIT, Université Joseph Fourier Grenoble I).....	20
4.	第六屆台法地球科學聯合會議 (Geodynamics and Environment in East Asia International Conference & 6th Taiwan-France Earth Science Symposium) .....	24
5.	保羅賽尚大學(馬賽第三大學)歐洲環境地質研究與教育中心 (Centre Européen de recherche et d'enseignement des géosciences de l'environnement, CEREGE, Université Paul Cezanne Aix-Marseille III) .....	27
三、	心得及建議.....	29
四、	附錄.....	33
1.	台法地球科學聯合會議議程.....	33
2.	訪問期間相關照片 .....	38

## 一、 目的

未來的地質圖資訊由傳統的二維方式走向三維，已是必然的趨勢，若地質圖能與地質防災資訊加以結合，提供工程環境分析所需的資訊，將有效避免可能的地工災害產生。本研習之目的即在於學習法國的三維地質圖測製方式及系統架構，做為我國未來發展三維防災地質圖的重要基石。

經濟部中央地質調查所(以下簡稱地調所)為我國地質調查及研究之專業機關，目前更致力於發展三維防災地質圖及資料庫技術。由於地質條件直接影響國土的開發建設，因此地質資訊在我國經濟發展上扮演十分重要的角色。未來的地質圖應是一套可以反映真實地質狀況的資訊系統，具備數位化、視覺化的特色，並且因應不同使用者的需求，可以各種比例尺呈現，包含多種應用主題，並且可以快速進行資料的更新。

地調所於本年度(99年)起進行為期4年的「都市防災地質圖測勘發展計畫」，期能藉此研習，學習國外經驗，配合地調所施政計劃，發展切合台灣地質條件及使用需求的三維防災地質圖測製技術及資料庫的建置。

臺灣主要的都會區皆集中於平原地區的沖積層上，組成材料多為疏鬆之砂土或軟弱之黏土層，沈積環境變異較大，造成地質及工程特性在橫向與縱向的複雜分布。倘若工程之地質調查的資料不足，極易產生地工災害，導致開發案時程延宕或甚至失敗。因此，解決對策除取得足夠之地下地質的資料外，若能建立一個完整的地下地質資料庫，將各類型資料加以整併，建立地下三維地質模型，將更有助於對整體地質狀況的瞭解，並對可能的地質災害(土壤液化、軟弱地盤)進行評估與分析。

本研習即為學習法國地質研究單位在三維地質製圖上的先進技術，包括相關軟體、資料庫的建置及與使用者互動的經驗，使地調所未來三維地質資料庫系統架構更臻完善，資料應用更加便捷，有效減低工程地質災害的發生。

## 二、 過程

抵達法國的第一站先至本部駐法代表處——亞洲貿易促進會駐巴黎辦事處拜會卓主任忠正，除感謝辦事處卓主任及吳秘書嘯吟在本次研習安排上的大力協助之外，卓主任也介紹了臺灣與法國二國之間的互動的概況，並對本次的研習與參訪活動有諸多勉勵與指導。

本次研習共拜訪四個單位，參加一個國際研討會(詳行程表)，研習過程茲依時間順序分述如下：

研習行程表

日期	訓練進修機構 (Institutions)
6/16	台北出發前往巴黎
6/17	抵達巴黎。 拜會亞洲貿易促進會駐巴黎辦事處 Centre Asiatique de Promotion Economique et Commerciale
6/18~6/23	地質與礦業研究局 Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM)
6/24~6/27	土魯斯保羅薩伯提爾(土魯斯第三)大學地質機制與轉移實驗室 Université Paul Sabatier Toulouse III Laboratoire des Mecanismes et Transferts Geologie (LMTG)
6/28~7/3	格勒諾布爾喬瑟夫傅利葉(格勒諾部爾第一)大學 OSUG 中心之 LGIT 實驗室 Université Joseph Fourier Grenoble I Observatoire des sciences de l'univers de Grenoble (OSUG) Laboratoire de géophysique interne et tectonophysique (LGIT)
7/4~7/9	第六屆台法地球科學研討會 Geodynamics and Environment in East Asia International Conference & 6th Taiwan-France Earth Science Symposium

7/10~13	普羅旺斯艾克斯保羅賽尚(馬賽第三)大學歐洲環境地質研究與教學中心 Université Paul Cézanne Centre Européen de Recherche et d'Enseignement des Géosciences de l'Environnement
7/14	返回巴黎
7/15~7/16	自巴黎返台

1. 法國地質與礦業研究局 (Bureau de recherche géologiques et minières, BRGM)

BRGM 在政府部門中扮演的角色相當於中央地質調查所(以下簡稱本所)，僅名稱略有不同。我國與法國地質界的正式交流，可追溯至 30 年前於巴黎舉辦的國際地質會議，其後學術界也有許多往來(如臺灣大學與巴黎第六大學)，然而本所與 BRGM 的交流卻已沉寂近 20 年，本次的拜訪與交流重新開啓了雙邊的接觸，對雙方皆極具意義。

本次訪問 BRGM 該局期間，由國際部亞洲與中東地區經理 Marcus Wijnen 接待，並安排 BRGM 不同部門的許多專家進行討論與交流。

BRGM 原先位於巴黎，後因法國政府覺得巴黎過於擁擠，將一些部門遷移到巴黎外圍的城市，於是 BRGM 遂於 30 年前將技術部門遷至巴黎南方 130 公里處的 Orléans。而總部仍設在巴黎，便於與中央政府連絡，但僅有少數人留在總部。

Wijnen 先生親自開車到火車站接我，抵達 BRGM 後即由他為我介紹 BRGM 的概況。BRGM 成立於 1959 年，係由法國海外礦產局、地質、地球物理研究所三個單位合併而成，1968 年再將法國地質圖出版局納入其中。2004 年之後 BRGM 的法律位階重新定位，需向高等教育

研究部與生態、能源、海洋發展部負責。如今的 BRGM 規模甚大，員工約有 1060 人，其中專業研究人員及工程師就佔 600 多人。

BRGM 分三個主要部門，即技術開發、地質及國際部，但這三個部門並非各自獨立，每個研究領域下都有這三個部門的人共同參與，使研究的面向更為全面。BRGM 經費來源除了政府的預算之外，也由提供的服務向外收取服務費用。

BRGM 的有 4 項主要任務及 10 類研究主題，主要任務有：

- (1) 技術研發。
- (2) 決策支援及資訊公告。
- (3) 國際合作與協助發展。
- (4) 礦區安全與監測。

10 項研究主題則包括：地質、礦產資源、地熱能源、二氧化碳封存、水資源、採礦後期環境、自然災害、廢棄土壤與廢水、方法學、資訊系統等。

- (1) 地質：地質資料、地質圖資及地質模型之取得、彙編及出版。可提供數質地質圖及二維、三維以至於四維的地質模型，因應不同的需求。
- (2) 礦產資源：礦場相關管理，包括：礦層地層特性研究、採礦的經濟效益評估、估算蘊藏量及開礦後環境等相關研究。該研究支援政府的礦業政策，尤其是有關開礦對人類生活的影響。各項研究成果亦提供政府單位、研究單位或商業公司進行參考，由於地緣關係，特別針對非洲地區提供建議。

- (3) 地熱能源：該研究群致力於新能源的開發與減少溫室效應氣體的排放，因此發展地熱能的應用，對房屋熱能和電力的提供。法國周邊的火山島也是研究的重點之一。
- (4) 二氧化碳封存：配合氣候變遷及減少溫室氣體排放的政策，特別是針對深部含水層的二氧化碳儲集。研究重點為安全的儲存地層，包括地層的儲存能力、圈繪出適宜的層位、模擬儲存的二氧化碳與井的相互關係、儲集層之間的交互作用、儲存監測，並研擬當儲存異常時的對策。
- (5) 水資源：探索未開發的地下水儲水層，水系統運作、水資源保護及水資源對氣候變遷的影響。尤其是飲水的供應洪水和旱災的機制。另外也研究水污染的機制，尤其針對擴散的污染源進行研究。
- (1) 採礦後期環境：針對已經結束開採的礦區進行安全管理和環境維護與提升。在研究大規模的沉陷時，必須充分了解採礦方法和採礦周期，資料的蒐集來源和如何應用顯為重要。研究方式包括設置環境監測網(水、瓦斯等)，瞭解各樣物理現象、坑內抽水的管理等等。
- (6) 自然災害：對地上的災害(地震、火山噴發、海嘯、山崩)、氣候變遷災害(土地變遷、黏土層的收縮膨脹)、海岸災害(侵蝕和下陷)、人為災害(地下儲藏、礦業活動)等皆為研究對象，主要的管理目標是預警、防災和調適。為研究災害和相關地區易受為害的程度，BRGM 設計了一套工具，包括監測系統、預警模式、災害地圖、資料庫及連結物理和維和與災害系統的工具，提供決策者做為參考。

- (7) 廢棄土壤與廢水：針對土壤與沉積物的汙染、家庭與工業、礦業廢棄物等進行研究與管理，設計並評估回收廢棄物的流程。這方面 BRGM 也協助地方及中央政府進行研究，並提供環境規範與標準規定的發展參考。
- (8) 方法學：調查的品質是環境災害管理的基礎，包括化學、物裡、地質現象等，整個分析的步驟包括從監測網、資料獲得、取樣、野外及室內分析和預警模式等，故各項方法學的發展十分重要。
- (9) 資訊系統：為提供地方及中央政府、商業公司、發展規劃等公開的地質參考資料，使民眾可以藉此資料作一些決策或參考。由於 BRGM 的服務項目不斷增加、資料廣泛，使得資訊系統的需求提高，因此 BRGM 採用 InfoTerre portal 和 Terre Virtuelle 兩種程式進行資料管理，配合電腦技術、三維模擬展示和虛擬展示，並與法國地理研究中心 IGN(Institute Géographiaue National)合作發展 Géoportail-Géocatalogue 管理系統。

其他未提及的領域，因法國尚有其他研究機構進行相關調查研究工作，BRGM 遂未致力發展相關領域。如石油地質方面有法國國立石油研究所(IFP)、海洋地質方面則有海洋開發研究所(IFREMER)及 IFP 的海外科學技術研究所(ORSTOM)，核能資源有總和燃料處(COGEMA)等。

BRGM 在國際合作上的推展已有超過 50 年的時間，包括與歐盟國家的合作及對開發中國家的技術支援和協助，對象包括政府、公部門或私人公司、國際組織等。國際部下依照地理區位分為六個組，對地質圖測製、礦產資源、地下水、天然災害、廢棄物管理、土地管理、環境保護、數位資訊系統等方面與國際進行合作，合作對象也超過 40 個國家，



目前以非洲國家為主，亞洲地區的合作僅佔整個國際部的 2%。BRGM 將國際合作列為主要任務之一，而非僅在地質專業的發展，他們對於國際交流合作的積極推展，是值得我們學習的部分。藉由交流、技術轉移等，除可清楚國際情勢、獲得最新資訊外，也可促進本身的技術及研究成果發展，值得投入更多的資金及人力。

在 Wijnen 先生向我介紹過 BRGM 後，我也概略向他介紹了本所的分組及研究主題，Wijnen 先生也主動表示希望我們兩單位之間的交流和聯繫能重新建立。

### 三維地質模擬

在 BRGM 訪問的期間主要在地質部門，研討三維地質模擬的技術範疇，與有著三維地質模擬之王稱號的 Gabriel Currioux 博士討論 BRGM 所採用的三維地質模擬基本概念，及目前市場上三維地質模擬商業軟體之適用性及優缺點。

地質部門原本的任務以測製地質圖為主，區域地質圖的製圖比例尺與本所相同，即 1/50,000。法國地質條件較為單純，且調查人力充足，已完成法國 1,014 幅都會區域地質圖，另出版 250,000 和 1,000,000 的大區域國家地質圖和各種主題地質圖，亦有地質圖教學互動光碟的發行。由於大部份的基礎地質調查工作業已完成，地質部門轉向發展三維地質模擬技術，於地質分析、工程開發、石油探採等領域皆有十分良好的應用。

BRGM 的三維地質模擬設計概念是由傳統的二維模型進入到三維環境中。一般在二維環境中，對於每個點的描述可以此方程式來表示：

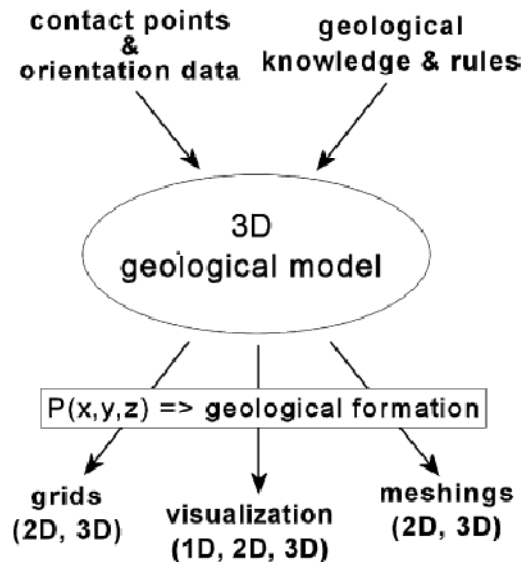
$$f(x,y)=z$$

即每一個坐標點都有一個值，最常見的例子就是 DEM，每個平面上的點都有一個高程值。但在三維環境中，則以下面這個方程式來表示：

$$f(u,v)=(x,y,z)$$

每個立體空間的點上都有他的 x, y, z 值。

在 GeoModeller 這個軟體中，先匯入 DEM 做為工作的基準面，若已有其他資料，如平面地質圖等，也可以繪入各個帶有坐標系統的圖層，作為進行三維模擬的參考。也就是說，這個三維地質模擬的軟體，本身即建立在 GIS(Geographic information system)的概念下，可視為三維的 GIS 應用軟體。

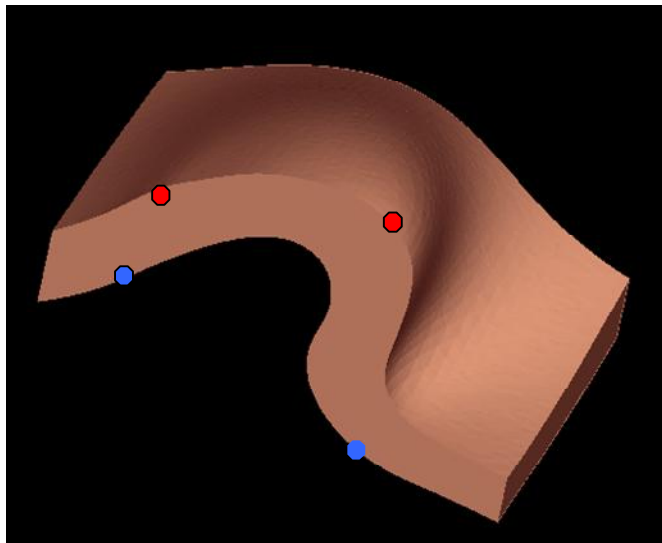
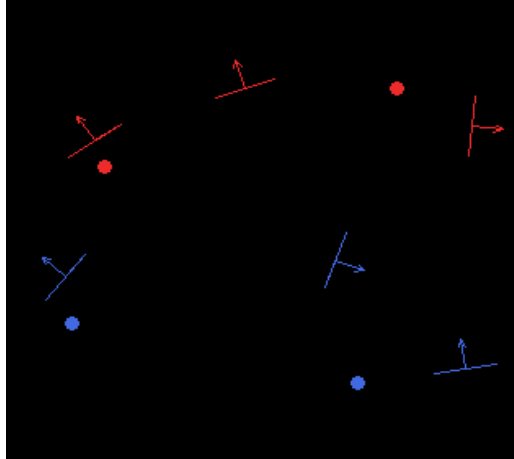


GeoModeller 雖然是三維模擬軟體，使用者實際上在二維環境之下

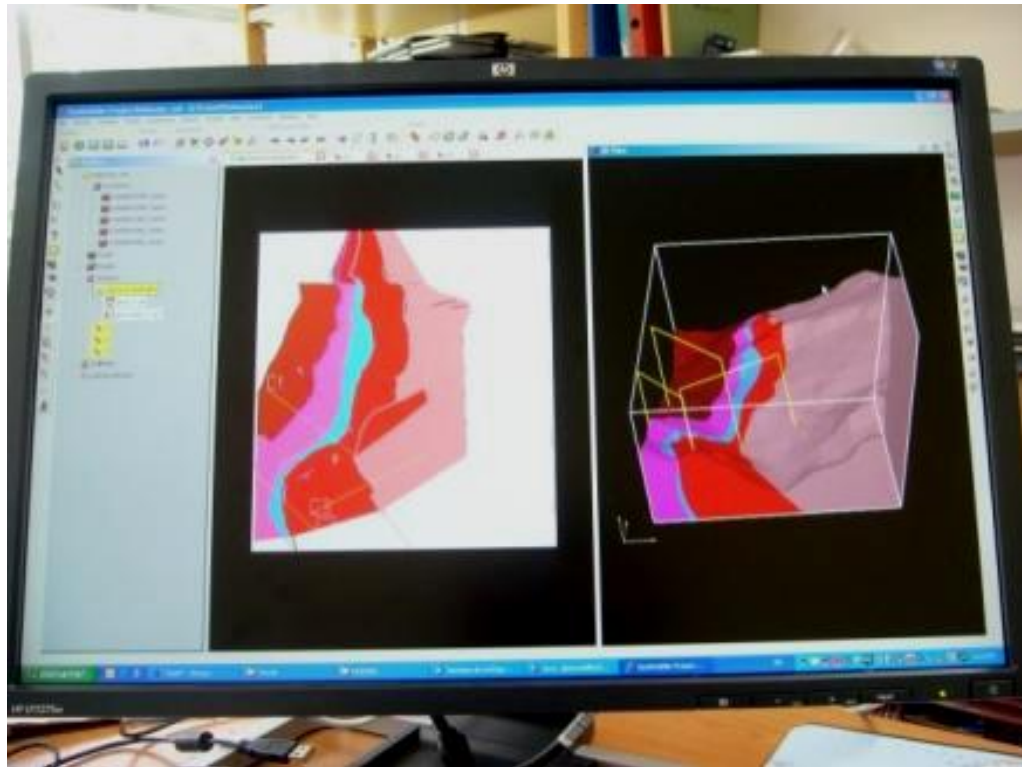
工作，因此非常容易上手且易於編修。在正視的二維平面上繪圖，易於對比平面的地圖或地質圖。若平面地質圖上有層面及位態等資訊，即可加以描繪，產生所對應的三維地質模型，以檢視平面地質圖的合理性。亦可在任意的二維剖面上繪圖，由電腦將不同的剖面繪製的結果自動計算與連結，於另一個視窗進行 3D 模型的展示。

所需輸入的資料十分單純，僅需輸入指定層面(formation surface)的位置或露頭點(contact point)和位態(Orientation)兩種資訊即可，兩種資料不一定要在同一個點為上，但是要能繪製出一個層面，至少需要有一個點位和一個位態。

若在剖面上工作，則可指定剖面線之後，直接於剖面上繪製層面或線構造，在完成兩個以上的剖面的圈繪之後，可由軟體自動計算將相同的面或線加以連結，若要編修也可直接於剖面中進行。克服其他商業軟體(如 Rockworks)無法任意編修或使用過於複雜(如 GoCAD)的問題。



以露頭點和位態(上圖)即可繪出立體的地層空間分布(下圖)



由已知的地質圖(左側視窗)繪出立體模型(右)

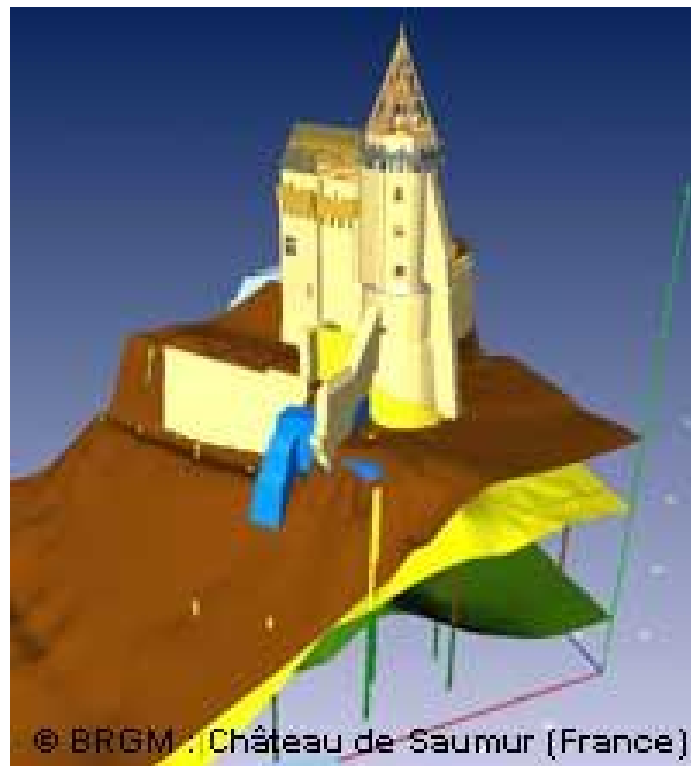
三維地質模擬於各研究領域上的應用：

#### A. 工程地質

BRGM 在數位資訊系統上的發展，建立一套虛擬平台，稱為 Workbench，對工程地質的分析極有助益，此技術係將地下三維與地表三維的技術結合，再輔以立體成像技術及遙控技術，使地下資料和三維模型的展現能盡可能地貼近實際狀況，讓使用者彷彿身歷其境般，可以各種角度透視地上至地下的整體狀況，幫助使用者快速理解整體地質及建物概況，將地質資訊清楚呈現，且以遙桿操作的方式十分直覺且便利，並可任意切出各種方向的剖面。

以羅瓦爾河流域的 Saumur 城堡為例，該城堡由於建於石灰

岩地形上，地下有許多溶蝕的空洞，使得城堡岌岌可危。BRGM 利用 workbench 的技術，將城堡的外觀及內部空間結構與地下的地層分布、鑽探位置等加以結合，空洞位置與城堡的關係可以十分清楚地呈現，並可分析同一地層的空間分布，評估未來溶蝕空洞擴大的可能性及影響的範圍。



Saumur 城堡與地下地層及鑽井位置示意圖



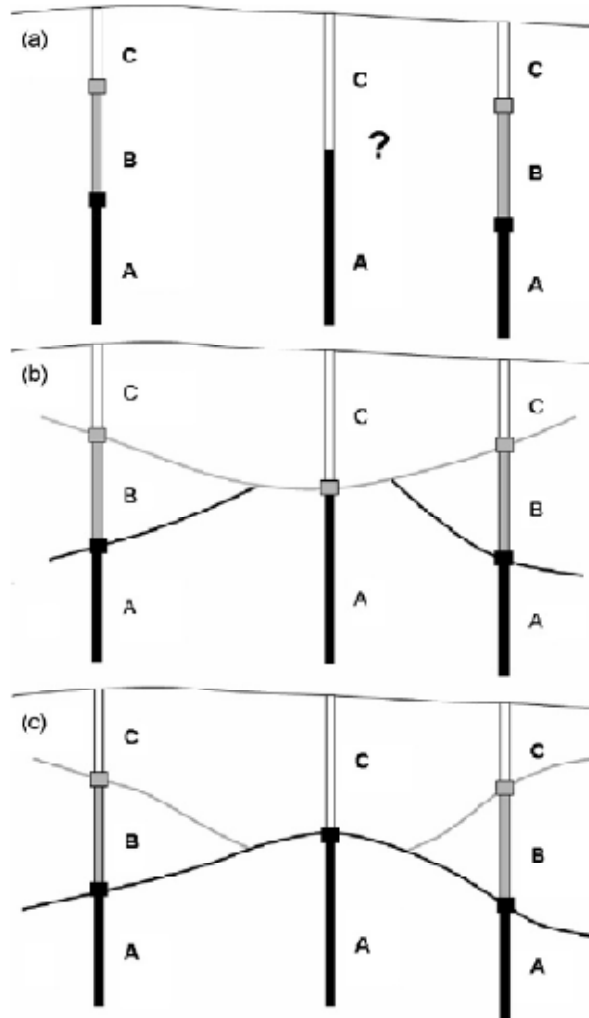
workbench 利用與紅綠立體影像對相同的呈相原理，但由兩個互相垂直的螢幕分別投射影像，在帶上立體眼鏡之後，成線的立體影像效果有如 3D 電影一般，彷彿伸手可及。

## B. 斷層

討論專家：Philippe Calcagno

由區域性的調查中，取得一系列的震測剖面及一些基本的地質資料，可藉由三維地質模擬軟體連接數個震測剖面，找出斷層在空間中的位置及形狀。Calcagno 提供了一個海域的案例，利用海底震測剖面的結果繪製出斷層的位置，並嘗試與陸地上的斷層相連。Calcagno 強調，地層的接觸型態有多種可能，用軟體分析出的結果雖可能不是唯一解或正確解，但可由此去進行斷層可能延伸位置的地表調查，加以確認斷層的位置，而不是像無頭蒼蠅

般胡亂搜尋。



如果有一處剖面圖如(a)所示，我們無法得知地層的接觸關係到底是A層被侵蝕(b)，還是C層覆蓋在A層之上(c)，但是藉由不同可能的分析，研究者可以試著去推論一個較接近真實情況的答案。

### C. 地熱

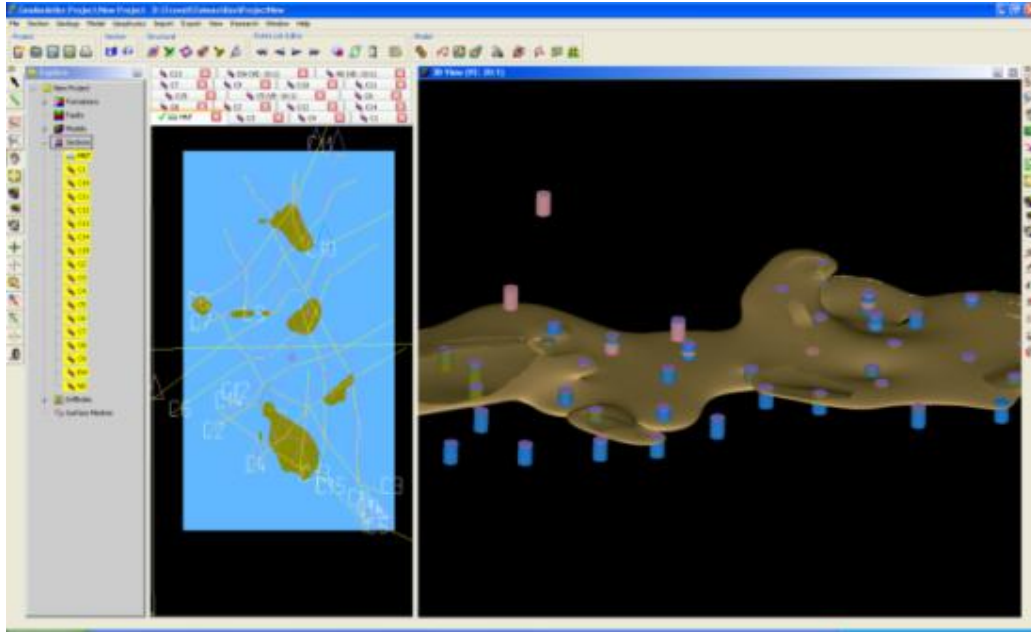
討論專家：Morgane Le Brun、Virginie Hamm



案例：巴黎盆地，在熱水抽水井附近注入冷水，模擬地層逐漸降溫的情形。地熱水抽水井深入地層 700 公尺，地溫 70 度，至地表水溫 40 度，用來做建築物的加溫。期間的模擬與地溫、地質條件、地化、構造皆有相關，而模擬結果則可預估地熱的使用年限並提出相關建議。

#### D. 台灣地質資料的應用

臺灣以第四紀未固結的材料而言，由於沉積物的岩性變化在垂直相和側向變化上皆十分複雜，坊間的三維軟體難以協助岩性的整合以及側向的層位對比工作。這部分雖要納入地質專業的思考，並非軟體能夠達成，然而如能在分析時提供幫助，而不是等模型架構已經完成後再行繪製出立體模型的軟體，對於工作過程會有極大的助益。實際使用 GeoModeller 進行宜蘭平原的鑽井資料繪製三維模型，可輕易將類似的岩性(如極細砂與細砂)合併，且不需更動原始紀錄。該軟體可直接匯入數值地形，不僅使整體結果更接近真實狀況，也可以在未進行孔位測量的情況下，協助校正鑽井的高程資訊。實際繪製時則分別編修不同剖面的地層，電腦自動會將不同剖面之間的關係加以計算，不必在完成剖面圖後再手動連接，十分便利。完成的三維模型也可再切割各種方向的剖面或指定不同深度的平面展式，也可以直接產出地表地質圖，非常合適於地調所未來鑽井的資料處理和模型繪製。可惜由於訪問期間短暫，未能完成宜蘭平原所有的地層繪製，僅完成泥層的空間分布。



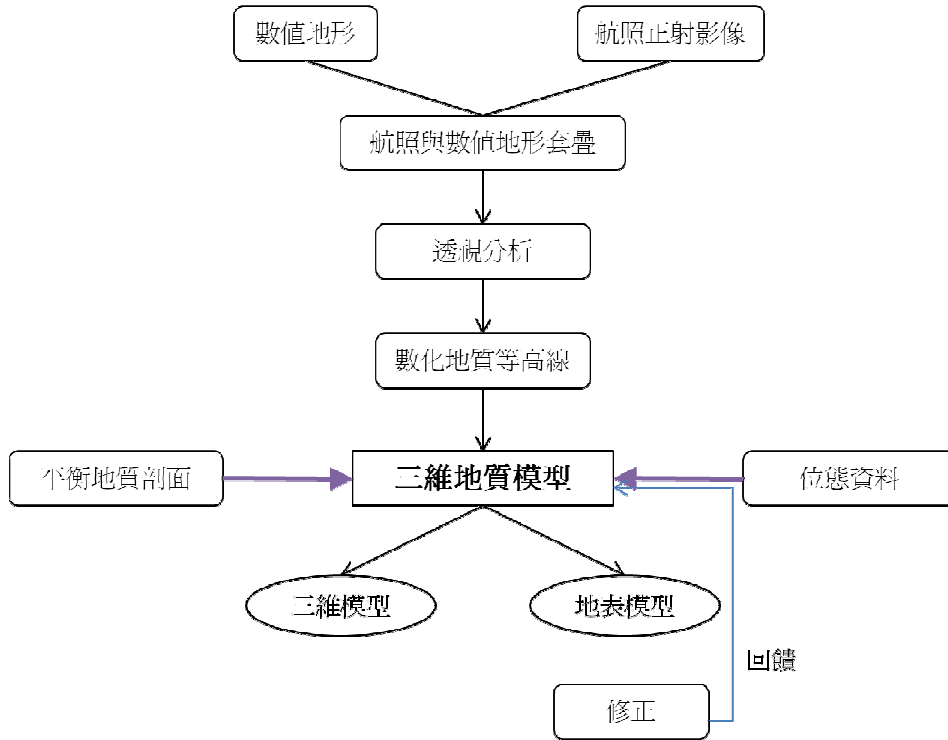
本次訪問在很有限的時間內，與 G. Corrioux 博士共同完成之宜蘭平原泥層空間分布。左側為平面圖與工作的剖面線位置，右圖為由西向東看的泥層的空間分布及鑽井柱狀圖。

2. 保羅薩伯提爾大學 (土魯斯第三大學) 地質機制與轉移實驗室  
(Laboratoire de mécanismes et transferts en géologie, LMTG, Université  
Paul Sabatier Toulouse III)

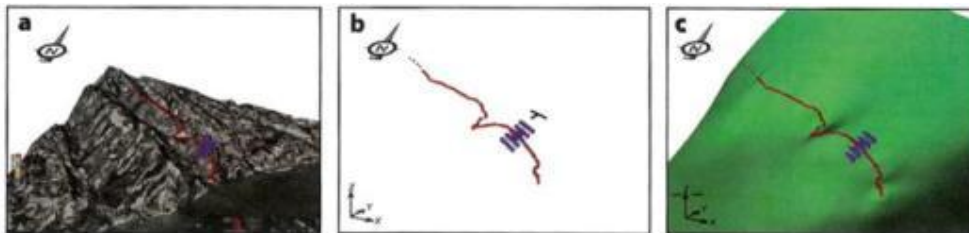
保羅薩伯提爾大學教學嚴謹，師資雄厚，土魯斯三所大學於 2007 年合併後系所涵蓋所有學科，是世界上學科最全的大學。土魯斯大學學風非常好，在法國有「學在土魯斯，賺在里昂，玩在巴黎」的俗諺即可見一斑。

地質機制與轉移實驗室(LMTG)隸屬於保羅薩伯提爾大學，旗下研究員分別來自法國國家科學研究院(CNRS)、國家地理研究院(IRD)，以及保羅薩伯提爾大學(UPS)的教授或研究員，其下又分為一般服務、科學服務及構造研究等三個群組，研究主題包括古環境、礦物、地球化學實驗生物學、水土環境、地體動力學等。對外則有提供化學分析、X 光繞射分析、電子微探分析等服務。

LMTG 的 Stéphane Brusset 助理教授專長為盆地分析與三維模型，他的三維模型概念係結合，比例尺 1:5,000 的航照正射影像，每個像元的大小為 50 公分，以及比例尺 1:25,000 的數值地形，以建構完成的平面地質圖和已完成平衡的地質剖面圖，將這些資料匯入地理資訊系統中進行分析(如流程圖)，其中的核心部分為三維的地質透視分析。



先利用 Earthvision 軟體，確認每個數值資料的點位與地質等高線相符後，先在平面上繪出每個地層位態的資料，再以 3DMove 軟體得到層面，爲了確認層面的幾何關係，在等高線呈現 V 型谷的地區另行以 V 型法則分析層面的位態。接著就可以由地直剖面定義已知的沉積層序的體積和外型。

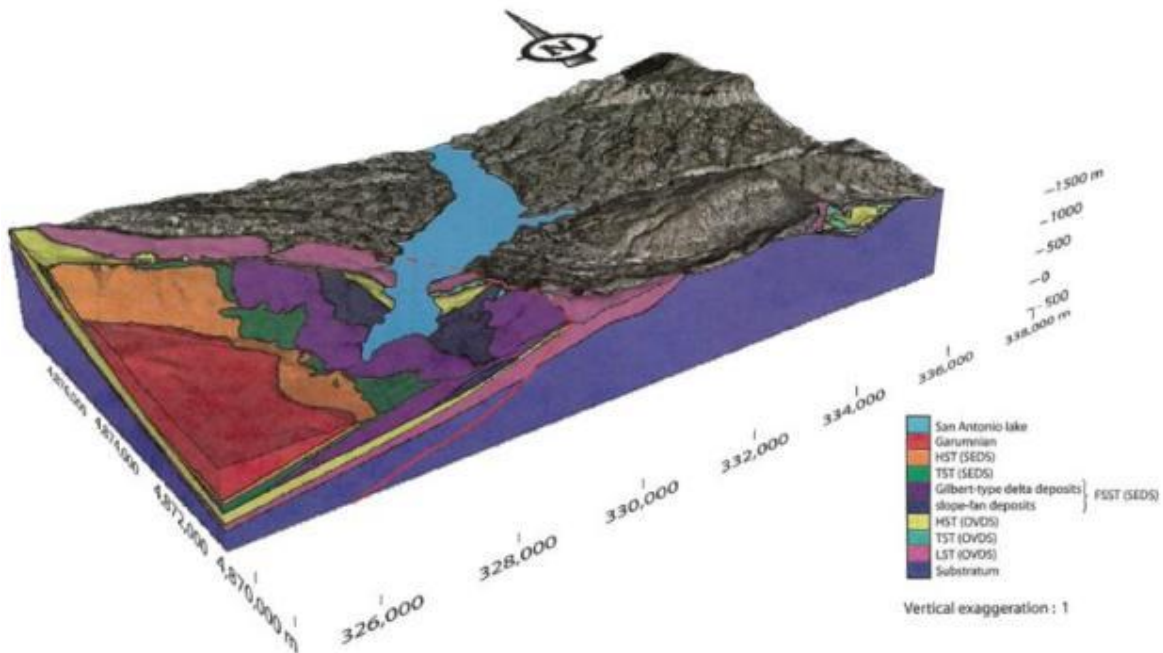


在上方三個圖中，紅色線條即爲地質等高線，b 圖係由 a 圖放大，藍色的線條標示地層的位態(二維)，c 圖的綠色面爲定義的層面，通過地質等高線及位態點。



爲了精準地得到層面的幾何型態，在 V 型谷和熨斗狀地形處(綠色點)特別加以計算層面的位態。每個多邊型的面皆依各處的走向傾斜加以延伸(b)，最後每個多邊型的面再轉爲二維(c)，以確認是否和二維網格的地質等高線相符。

Brusset 運用此法在西班牙 Tremp 盆地進行之三維地質模型分析成果如下：



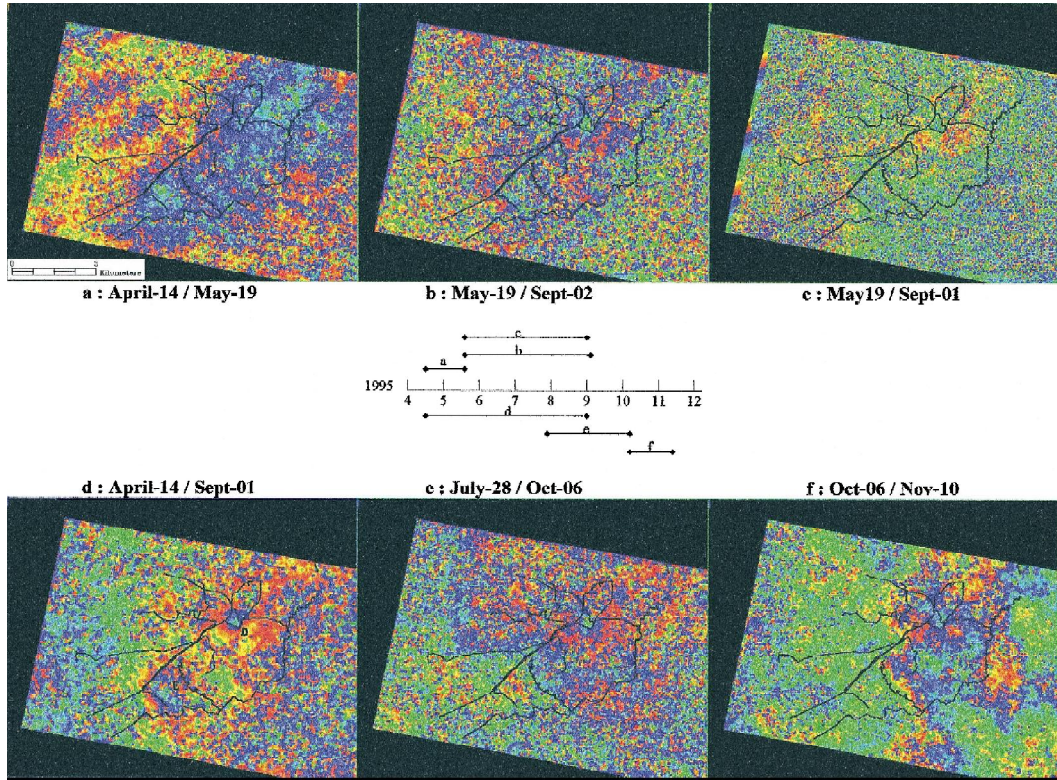
然而以 Brusset 的方法，需要大量已知的資料作爲基礎，必須在已經對一地區的地質架構有清楚認識之後才較容易進行，建構出的三維地質模型也才較爲正確。然而若針對本所需要，以鑽井資料來建構一地未知的地質模型地區則較不適用，無法在分析層位中提供幫助，且整體分析過程亦較爲複雜。

3. 喬瑟夫傅利葉大學 (格勒諾布爾第一大學) 地球物理與地質科技實驗室 (Laboratoire de géophysique interne et tectonophysique, LGIT, Université Joseph Fourier Grenoble I)

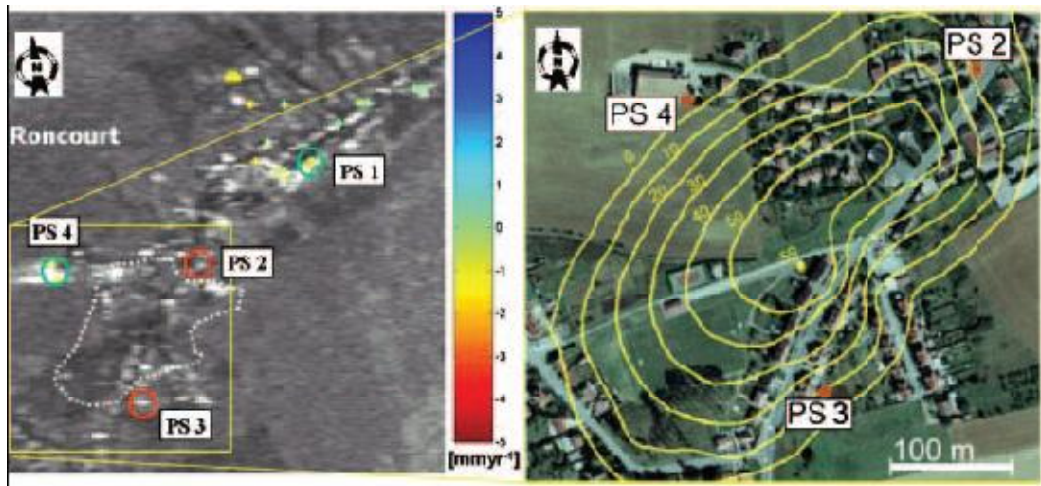
格勒諾布爾根土魯斯相同，也是法國著名的大學城之一，而格勒諾布爾更有法國矽谷之稱，科學研究十分蓬勃。地球物理與地質科技實驗室(LGIT)在法國是首屈一指的地球科學研究單位，隸屬於格勒諾布爾大學科學觀測中心(Observatoire des Sciences de l'Univers de Grenoble, OSUG)，是喬瑟夫傅利葉大學與法國國家科學研究院(Centre national de la recherche scientifique, CNRS)合作的組織。LGIT 的研究方向包括：地球內部波的傳遞和構造、地體動力、地震災害、山崩、火山、斷層的物理化學特性、地震循環和瞬間變形、環境地球化學等。

本次拜訪的 Erwan Pathier 專長為遙測影像分析及大地測量。我與他討論有關利用遙測方式監測採礦後期造成的地層下陷與山崩的可能性及具體方法。

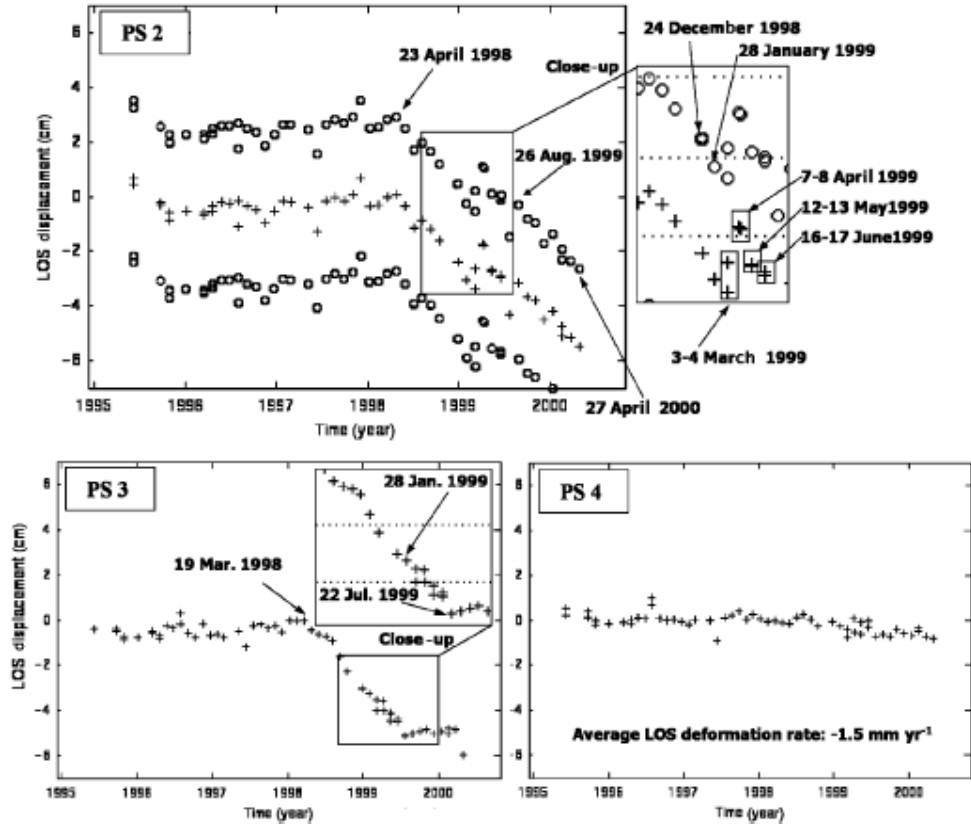
過去地調所曾嘗試利用 InSAR 對廢棄坑道引起的地層下陷進行監測，但成效不盡理想。Pathier 介紹我許多法國這方面研究的案例，由於臺灣山區植物分布密集，再加上衛星的再訪週期的限制，除非能有大量的 InSAR 影像，否則難以產出良好的干涉紋，在雜訊過多的情況之下，分析的結果自然受到影響。Pathier 建議以 PS SAR 的方式，選擇接近市區、有較多建築物可作為永久反射 PS 點的地區為考量，我們一起看了臺灣北部礦坑的分布和鄉鎮的關係後，初步認為三峽地區是可以做為測試的地區。



法國 Gardanne 地區因採礦造成的地表沉陷，圖為以 InSAR 影像監測的結果，可明顯分辨出干涉紋，但臺灣由於氣候潮濕、地表多植被而較不適用。



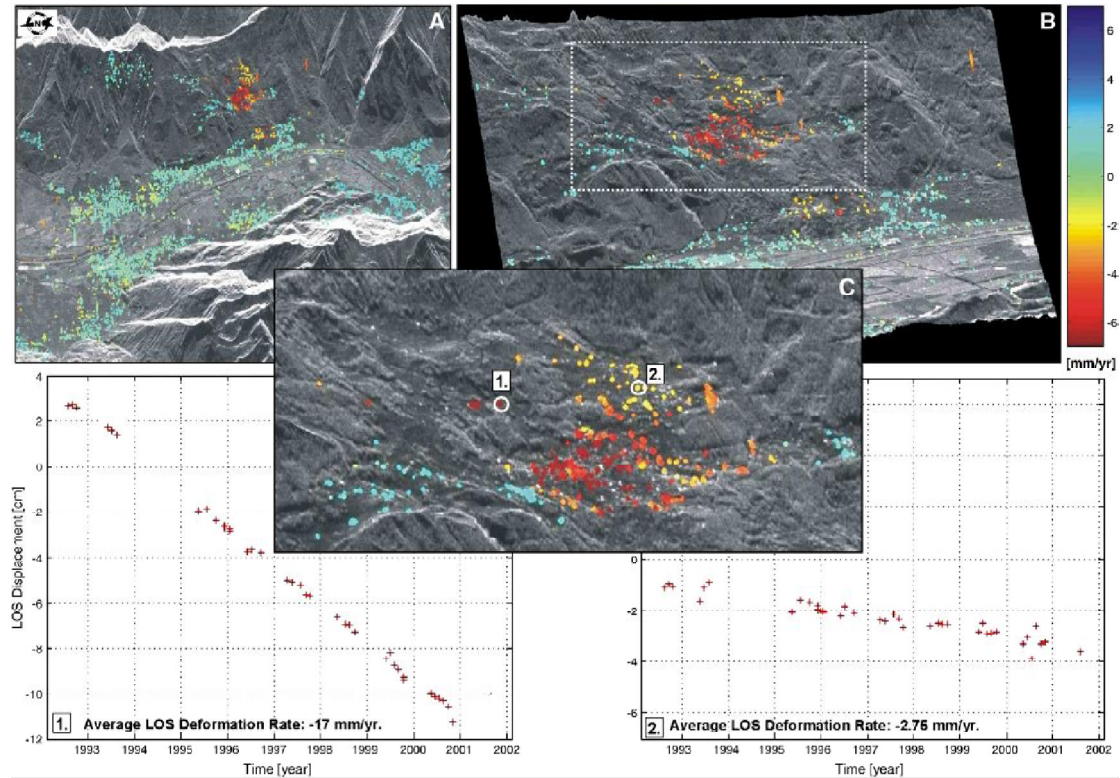
法國的 Lorraine 盆地也發生採礦造成的地表沉陷，此案立即採用 PS SAR，合適的 PS 點並不多，僅有 4 點。



在 PS 點不多的情況下，仍可得到隨時間的下陷變化情形，此法是我們可以考慮用來監測採礦造成地盤下陷的研究方法之一。

在山崩監測方面，由於臺灣大規模的岩體滑動位移速率較大，常會超過雷達衛星的  $1/2$  波長，以致無法解讀。以 ENVISAT 為例，C band 波長為 5.6 cm，衛星再訪期是 35 天，則一年超過 10 公分的位移量就無法以 InSAR 或 PS SAR 來解析變位量。Pathier 曾以 PS SAR 成功監測法國南部的一處泥流，然而當時 ENVISAT 的衛星再訪週期僅 1 天，故可得到良好的結果，而臺灣快速的斜坡塊體運動的位移量遠大於雷達波長的  $1/2$ ，將會使資料無法辨識。





透過 PS SAR 可找到滑動體的範圍及滑動速率

我們嘗試以地調所正在監測的廬山溫泉北坡岩體滑動區為例，在地表及鑽孔內皆可明顯量測到變位，尤其在大雨之後位移速率更大。然而在對比 InSAR 的資料後，並未於該區發現明顯的干涉紋，即可能係導因於位移量超出 InSAR 可解析的範圍。我們也對比了幾個東部地區的山崩位置，不過並沒有 PS 點可以對應。Pathier 另外建議針對臺灣的岩體滑動，可以採用不同期的光學的航照影像或 LiDAR 影像做對比。未來若有其他條件較佳、可能符合以 SAR 影像監測的山崩場址，仍將與 Pathier 進行討論，並尋求合作的可能。

4. 第六屆台法地球科學聯合會議 (Geodynamics and Environment in East Asia International Conference & 6th Taiwan-France Earth Science Symposium)

這次會議主題含括地體動力學、地球物理與構造，特別是與臺灣地質構造息息相關的菲律賓海板塊周緣地區，近二十年來，國際上的研究對板塊碰撞的興趣增加，帶動國際地球科學界對臺灣山區的研究。由於臺灣的地質條件據有年輕的地質時代、比例的水平 and 垂直向的運動，以及極端的人口集中等特性，使臺灣造山帶成爲一個國際級的碰撞、造山和地質演變過程的重要參考。二十一世紀初，由於對自然災害減災和環境研究的迫切需要，臺灣的相關研究也有了可觀的發展，並吸引包含法國在內的許多國外學者加入探討研究的行列。本次會議即集合了來自臺灣與法國，及少數來自美國、德國與中國大陸 124 位專家學者參與，共有 107 篇論文發表，交流互動熱烈。

以臺灣地質的複雜與特殊性，需要各種不同領域的合作，方能更深入了解造山運動及地表變形、地表作用等的相互關係。本次的會議研討主題包含地球科學的 9 大領域：

- (1) 大型地質災害事件。
- (2) 板塊邊界之構造地質與盆地分析。
- (3) 地球物理與地震研究。
- (4) 活動斷層鑽探。
- (5) 新期構造與地震構造研究。
- (6) 遙測與環境觀測。
- (7) 造山運動、侵蝕與質量平衡。

(8) 陸海地殼構造與板塊活動。

(9) 第四紀沉積環境變遷。

本人代表中央地質調查所，以海報型式發表一篇論文：宜蘭平原晚第四紀沉積環境變遷與構造演化初探( Preliminary Study of Sedimentary Environment Changes and Tectonic Evolution of Ilan Plain in Late Quaternary)，歸屬於第四紀沉積環境變遷之議題。以海報型式發表較口頭報告型式有更充裕的討論時間，本次發表文章也與與會學者有諸多討論。



於台法地球科學聯合會議發表之宜蘭都會區研究成果海報

本次會議也安排於艾克斯市周邊進行斷層與石灰岩地形的野外調查。由保羅塞尚大學的 Olivier Bellier 教授與國家科研中心的 Michel Sébrier 博士共同帶領至 Moyenne Durance Fault 與 Trévaresse Fault 兩個逆斷層的露頭觀察斷層剪裂及錯移的現象。另外由臺灣中央大學的張中白老師帶領至 Aix 附近的海港城市 Cassis，觀察石灰岩地形及依此地形形成的天然海港。

5. 保羅賽尚大學(馬賽第三大學)歐洲環境地質研究與教育中心 (Centre Européen de recherche et d'enseignement des géosciences de l'environnement, CEREGE, Université Paul Cezanne Aix-Marseille III)

歐洲環境地質研究與教育中心 (GEREGE)成立於 1995 年，也是由法國研究中心 CNRS 所支持。GEREGE 的研究主題為古氣候變遷以及所帶來的衝擊、自然災害、土壤與汙染、地體動力學與流體、地球物理學與行星學等。是陸地生態系統和環境風險(Ecosystème continentaux et risques environnementaux, ECCOREV)的合作夥伴。

Lionel Siame 的研究興趣在由宇宙射線觀測地形變遷，是國內顯少接觸的領域。他介紹了近期利用河階地的變化分析彰化斷層的活動歷史的研究成果：由於河流系對環境變化特別敏感，如沖積階地等地貌特徵經常用來作為衡量地形變形的指標。配合累積位移量的量測，這些地貌特徵成為長期斷層滑移速率的重要指標。台灣的活斷層研就已累積了豐富的大地測量 and 地震數據，若能得到與斷層活動相關的地形，可以有更高的解析度(如來自 LiDAR 或攝影測量技術所產製的數值地形模型)，將可使吾人對地貌的變遷的理解更為精確。

Siame 近期針對臺灣的彰化斷層進行研究，由於彰化斷層位於西部麓山帶的西緣，為一系列近平行的向西逆衝斷層，此乃是從上新世至更新世以來向西推擠的運動所造成。微微傾斜的第四紀沖積階地分布在造山帶前緣，則與這些逆斷層的活動極有關係。

由於這些沖積階地的形成和停止，直接關係到八卦背斜的形成，這些階地長期被視為重建褶皺形成的重要地貌指標。Siame 沿著數個剖面測量沖積物和沖積階地  $10\text{Be}$  的濃度並加以模擬，所得結論為：(1) 階地的形成和停止約在 400 kyr 前，(2) 彰化斷層造成的褶皺可由 200 kyr

前開始，及(3)八卦背斜在過去 100 kyr 的隆升速率約為 2.5 毫米/年。

### 三、 心得及建議

#### 1. 致謝

本次交流訪問行程涵蓋了地質防災領域及三維地質模型科技相關之官、學層面，對於法國的地質防災及三維地質科技發展現況有了完整的瞭解，收穫豐富，在我國的相關研究領域上實可學習應用。本次參訪行程承蒙亞洲貿易促進會駐巴黎辦事處卓忠正主任、吳嘯吟商務秘書、駐法國台北代表處科技組李青青秘書、國立臺灣大學地質科學系胡植慶教授等數位費心安排及多方的努力與協調，方能有此圓滿的行程安排，在此敬申謝忱。

#### 2. 收穫與展望

此行透過緊湊的行程安排，得以在短時間內對法國現階段發展之三維地質模型技術及地質災害相關研究有初步之認識，而他們的成果與經驗確實可以作為我國未來發展相關領域的重要參考。

本次行程在訪問大學時，由受訪教授親自招代，而在拜訪 BRGM 時則由其高階主管接待或簡報，除主要接代的國際部亞太組經理外，也與地質部長餐敘。訪問期間除了針對三維地質模擬技術的討論與實作外，BRGM 也安排各研究群為我簡報他們的研究成果，可見法方重視本交流活動。各單位亦明確表示希望能與我方作進一步交流，對本所過去基礎地質及防災地質之調查成果及技術亦深感興趣。此行能與各部門實際負責之主管進行討論及交換意見，對雙方之未來技術交流具一定的實質效益。

### 3. 國際接軌

T. Friedman 所著「世界是平的」一書已經闡明二十一世紀是個無法不去面對國際情勢的時代。當我們的世界觀夠開闊，不斷吸取經驗、去蕪存菁，才不會被邊緣化，成為井底之蛙，而可能努力成為科學研究的先鋒。

法國 BRGM 下設國際部門，顯示他們對於國際交流的重視，在每個研究群下也都有負責國際事務的人員，以致他們能充分與歐洲其他國家及非洲國家接觸，也逐漸擴及亞洲國家。而這些負責國際事務的人員同樣具有地質背景，因此不管在與研究群或是外國研究單位接洽時，皆能較容易理解需求、便於溝通。

法國政府每年亦補助約五千名外國學生在法國研修博士學位，每名學生的補助金額約為台幣三十多萬元，足見法方對國際交流的重視。雖然對外國博士生的補助恐怕無法收到立即的成效，甚至乍看之下對法國無益，但以長遠的眼光來看，卻是為國際交流開啓了一扇暢通的大門。

經濟部國際合作處提供本次訪問的預算與機會，讓本部技術單位能與國外相關單位進行交流，讓同仁們能帶回來不同的經驗與思維，對我國的後續科技發展必有長程的助益。

### 4. 地質導向、專業分工

法國雖然國土面積廣大，地質構造卻十分簡單，由於地質條件單純，即便有災害，與我國相較，其數量與規模也十分有限。然而法國地質與礦業研究局 BRGM 相當於我國中央地質調查所的單位--，不論在總人數上或是地質專業人員上卻都有著地調所十數倍的人力資源，值得我國



政府做法借鏡。

BRGM 旗下雖分為技術開發、地質與國際三個部門，但這三個部門並非各自獨立，而是散布在每一個研究群下，因此每個研究群都可以得到專業的技術支持及國際互動交流。而發展技術或軟體的人員亦皆有地質背景，而非資訊人員轉任，例如本次研習主要應用的 GeoModeller 軟體即由地質人員開發，因此能發展出一套容易與傳統地質研究方法結合的軟體，使用者(地質學家)不需費力學習一套新的觀念，且能符合地質學門與其他學門不同的特殊需求，例如：地層的截切關係，在其他三維應用軟體中就無法表達。他們對本身地質專業的重視、以及各方面的發展兼顧的組織架構，十分值得參考學習。

## 5. 法國人的環保概念

在法國非常驚訝也非常不習慣的是，除了商店以外的公共場合很少有冷氣。包括機關、學校、地鐵或路面電車等。白天的高溫其實仍可達到攝氏 34 度以上，雖然濕度較臺灣來得乾燥但仍覺炎熱，尤其雨天擠地鐵的悶熱更是可怕。但他們告訴我：夏天就只有三個月而已，忍一下就過去了，政策面則是：學校根本就不准裝冷氣。白天室外光線可以照進室內的時候，他們也很少開燈。這種節能的方式令我印象深刻。在臺灣的夏天，要說不開冷氣幾乎可說是妄言，但是法國人節能的態度卻是應該學習的。

## 6. 公私分明的工作態度

訪問期間遇到週末，由於外國人的身分皆無法進入機關或學校，而

且也無法以公務-e-mail 或電話連絡到人，事實上辦公室都沒有人，只看見公園裡到處攜家帶眷。工作的日子，辦公室內看不到人吃東西，所有人皆是專注工作，只偶爾休息喝杯咖啡，跟印象中的法國人都在喝下午茶完全不一樣。

但他們連喝咖啡都是專注的，離開辦公室到走廊或是休息區，喝完了才回頭繼續工作，分得清清楚楚。我通常九點之前會到辦公室，六點以後離開，不管是到還是離開的時間，總是看到停車場的車滿滿的。雖然他們好像放很多假，假日決不工作，可是以這樣的專注和努力，難怪仍然能夠擁有領先的科技，不被工作煩擾的假日也得到了充分的休息，可以為之後的工作天儲備能量。休息是為走更長遠的路，這句話在法國人身上印證了。

## 四、 附錄

### 1. 台法地球科學聯合會議議程



**Geodynamics and Environment in East Asia International Conference & 6th  
Aix-en-Provence, 5-9 Juillet 2010**

Date	Heure	Program
05-juil	13:00-15:30	Arrival and reception of participants
	Opening ceremony	
	15:30-16:00	Tea Time !
	16:00-17:00	Opening talks
	17:15-17:45	Homage to Jacques Angelier
	18:15-19:30	Aix city tour
	19:30-21:30	Welcome Banquet (Pavillon Vendôme)
06-juil	8:30-9:20	<b>Keynote lecture by Bor-Ming Jahn (45')</b>
	9:20-10:35	session
	10:35-11:05	Coffee Break
	11-05-12:35	session
	12:35-13:45	Lunch and Interaction around posters
	13:45-15:15	session
	15:15-15:45	Coffee Break
	15:45-17:45	session
	17:45-19:00	Interaction around posters
		Congress Diner 20:30
07-juil	8:30-9:20	<b>Keynote lecture by John Suppe (45')</b>
	9:20-10:35	session
	10:35-11:05	Coffee Break
	11-05-12:35	session
	12:35-13:45	Lunch and Interaction around posters
	13:45-15:15	session
	15:00-15:30	Coffee Break
	15:30-18:00	session
	18:00-18:15	Overview of fieldtrip
18:15-19:00	Interaction around posters	
08/07/2010- 09/07/2010	8:30-19:30	Fieldtrips



**Geodynamics and Environment in East Asia International Conference & 6th  
Taiwan-France Earth Science Symposium**  
Aix-en-Provence, 5-9 Juillet 2010

<b>Tuesday 6 of July 2010</b>			
Time	Abstract number	speaker	Title
8:30-9:20	<b>Keynote lecture by Bor-Ming Jahn (45')</b>		
<b>PS1 - Large geohazards events</b>			
9:20-9:35	PS1-1	Lee Chyi-Tyi	Geological investigation on the Catastrophic Landslide in Siaolin Village, Southern Taiwan
<b>S1 - Structural geology and basin analyses in convergent plate</b>			
9:35-9:50	S1-3	Chu Hao-Tsu	Internal Structure of a Collision Belt: Folds and Thrusts in the Yushan Massif, Taiwan
9:50-10:05	S1-5	Slawomir jack giletycz	Arc-continent initial collision zone of the southernmost tip of Taiwan Island
10:05-10:20	S1-1	Sonnette Lionel	New paleomagnetic and shortening trend results for Taiwan, from Miaoli to Keelung area and Hengchun Peninsula
10:20-10:35	S1-2	Wu Wen-Jie	Determining the maximum overburden of the uplifted sedimentary rock using a porosity-effective confining pressure curves
10:35-11:05	<b>Coffee Break</b>		
<b>S2 - Geophysics and earthquake studies</b>			
11:05-11:20	S2-3	Hao Kuo-Chen	From subduction to collision under Taiwan based on joint tomographic inversion of TAIGER dataset
11:20-11:35	S2-5	Lee Chao-Shing	The tectonic evolution of South China Sea: from continental rifting to seafloor spreading
11:35-11:50	S2-6	Masson Frédéric	Crustal structure of Taiwan from gravity modelling and sequential inversion of seismological and gravity data
11:50-12:05	S2-7	Lin Jing-Yi	Earthquake characteristics in the Huatung Basin: preliminary result
12:05-12:20	S2-9	Chang Emmy	New seismotectonic Concepts for the SW offshore Taiwan, in lights of OBS Observations
12:20-12:35	S2-13	Rau Ruey-Juin	Reactivation of an oblique transfer fault zone in southwestern Taiwan: the 2010 Jiashian earthquake sequence
12:35-13:45	<b>Lunch and Interaction around posters</b>		
13:45-14:00	S2-14	Kuo Ban-Yuan	At the edge of the Philippine Sea plate: Extremely low attenuation in the mantle wedge beneath northeast Taiwan
14:00-14:15	S2-17	Huang Yi-Ling	Pn wave velocity beneath the offshore of eastern Taiwan and the West Philippine Basin
14:15-14:30	S2-18	Lo Chung-Liang	Variation of the Earth Oblateness due to Earthquakes for the past forty years
14:30-14:45	S2-19	Liang Wen-Tzong	BATS CMT Solutions for the March 4, 2010 M6.4 JiaSian, Taiwan Earthquake Sequence and Their Tectonic Implications
14:45-15:00	S2-22	Mouyen Maxime	Absolute gravity monitoring of the Taiwan orogen
15:00-15:15	S2-23	Ge Hongkui	Seismic Velocity Variation Active Source Monitoring of Wenchuan Earthquake Fault Zone
15:15-15:45	<b>Coffee Break</b>		
<b>S5 - Remote sensing and environmental observations</b>			
15:45-16:00	S5-3	Li Yi-Hsiang	Co-seismic and post-seismic gravity change due to the 2004 Sumatra-Andaman earthquake: EOF study
16:00-16:15	S5-4	Yen Jiun-Yee	Faults Activities And Crustal Deformation Along The Arc-Continent Collision Boundary, Eastern Taiwan - Observed From Persistent Scatterer SAR Interferometry
16:15-16:30	S5-5	Champenois Johann	Persistent Scatterer InSAR with ALOS data applied to the monitoring of the Longitudinal Valley fault (Taiwan)
16:30-16:45	S5-8	Lin Kuan-Chuan	Spatial variation of vertical crustal deformation from Continuous GPS in eastern Taiwan
16:45-17:00	S5-7	Wenske Dirk	The evolution of stream coupled hillslopes by bedrock landsliding in the upper catchment of the Tachia River, Taiwan
<b>S8 - Ground motion prediction and seismic hazard assessments</b>			
17:00-17:15	S8-1	Yen Yin-Tung	Strong-motion attenuation relations for considering the radiated strong-motion area from finite-fault source models
17:15-17:30	S8-3	Chiu Hung-Chie	The Predictive Equation for PGA in Pingtung Earthquake Sequence
17:30-17:45	S8-4	Lee Shiann-Jong	Numerical simulations of hazardous earthquakes in Taiwan
17:45-19:00	<b>Interaction around posters</b>		
20:30	<b>Congress Dinner</b>		



# Geodynamics and Environment in East Asia International Conference & 6th Taiwan-France Earth Science Symposium

Aix-en-Provence, 5-9 Juillet 2010

Wednesday 7 of July 2010			
Time	Abstract number	Speaker	Title
8:30-9:20	Keynote lecture by John Suppe (45')		
S4 - Drilling across active faults			
9:20-9:35	S4-7	Ma Kuo-Fong	Evidence on the Explosive/Implosive events and the State of the Stress from the Chelungpu-fault Borehole Observatory
9:35-9:50	S4-5	Aubourg Charles	A portrait of mm-thick principal slip zone of the ChiChi earthquake (Mw 7.6; 1999)
9:50-10:05	S4-9	Wang Jeen-Hwa	Temperature and Pore Fluid Pressure on the Chelungpu Fault at a Depth of 1111 m during the 1999 Chi-Chi, Taiwan, Earthquake
10:05-10:20	S4-11	Kuniyo Kawabata	Healing process of the Chelungpu fault and identification of activated slip layer by 1999 ChiChi earthquake in Taiwan
10:20-10:35	S4-10	Chung-Hsiang Mu	Quantifying the effects of active faulting on a shallow aquifer properties and drainage: a case study of the Chihshang fault in the eastern Taiwan
10:35-11:05	Coffee Break		
S6 - Dynamics of Mountain building: Interactions between tectonics, surface processes and climate			
11:05-11:20	S6-5	Lee Yuan-Hsi	Segmentation of the Hsuehshan Range, central Taiwan revealing by thermochronology data
11:20-11:35	S6-11	Wu Francis	Central Range - the core of the Taiwan orogeny
11:35-11:50	S6-1	Chen Chih-Tung	structure and tectonic evolution of the Hsuehshan Range in Taiwan revealed by thermal metamorphism data
11:50-12:05	S6-4	Yu Shui-Bei	Three-dimensional crustal deformation in the Taiwan plate boundary zone revealed by continuous GPS observation from 2005 to 2009
12:05-12:20	S6-12	Derriex Florence	Quantification of basin scale denudation rates in the active mountain belt of Taiwan: the in situ produced 10Be point of view
12:20-12:35	S6-8	Dominguez Stéphane	Modelling experimentally the interactions between crustal deformation, erosion and sedimentation in active tectonic settings
12:35-13:45	Lunch and Interaction around posters		
13:45-14:00	S6-3	Molli Giancarlo	Taiwan orogen as analog for the Alps/Appennine geodynamics
S7 - Land-sea crustal structures and tectonic activity			
14:00-14:15	S7-9	Wu Wen-Nan	Spatial Variation of the Crustal Stress Field along the Ryukyu-Taiwan-Luzon Convergent Boundary
14:15-14:30	S7-7	Liu Char-Shine	Morphostructural Variations of the Northern Luzon Arc from Subduction to Collision
14:30-14:45	S7-2	Hsu Shu-Kun	A Megasplay fault system and tsunami hazard in the south Ryukyu forearc
14h45-15:00	S7-3	Theunissen Thomas	Micro-seismic activity in the southern Ryukyu Forearc: preliminary results from the RATS passive OBS experiment
15:00-15:30	Coffee Break		
15:30-15:45	S7-1	Lallemand Serge	The Southernmost Ryukyu Forearc Area (East of Taiwan) : an Atypical Highly Faulted Margin
15:45-16:00	S7-14	Sibuet Jean-Claude	How current Taiwan orogeny will cease?
S3 - Neotectonic and seismotectonic studies			
16:00-16:15	S3-1	Graveleau Fabien	Incremental growth of the Tungshih anticline and Neiwai syncline during the 1999 Chi-Chi Earthquake
16:15-16:30	S3-2	Shyu Bruce	Neotectonic analysis and seismic hazard assessments of convergent orogenic belts: examples from eastern Taiwan and the Longmenshan mountain front
16:30-16:45	S3-3	Lee Jian-Cheng	Architecture and slip behaviors of a plate boundary mega-thrust: a case study of the Longitudinal Valley system in eastern Taiwan
16:45-17:00	S3-9	Byrne Tim	Typhoons, Tectonics and Basement Highs in the Southern Central Range, Taiwan
17:00-17:15	S3-10	Deffontaines	South-est extrusion of Taiwan: an offshore synthesis
17:15-17:30	S3-11	Siame Lionel	The Changhua Fault (Western Foothills of Taiwan): chronological constraints from cosmic ray exposure modeling
S9 - Quaternary environmental changes			
17:15-17:30	S9-1	Lee Teh-Quei	Environmental Magnetic Study on Lake Sediment Core DH-7B of Ta-Hu Lake, Ilan, northeastern Taiwan
17:30-17:45	S9-3	Böse Margot	The occurrence of silty covers soils in the high mountains of Taiwan and their peleoenvironmental implications
17:45-18:00	S9-4	Chen Chang-Hua	The phreatomagmatic eruption and landside of Tatun Volcanic Group in ~6 ka
18:00-18:15	Overview of fieldtrips		
18:15-19:00	Interaction around posters		

poster number	first Author	Title
<b>PS1 - Large geohazards events</b>		
PS1-1	Tang Chao-Lung	The Catastrophic landslide of Taiwan: Insights from a 3D discrete element simulation
PS1-4	Taboada Alfredo	Discrete element simulation of the Jiufengershan rock-and-soil avalanche triggered by the 1999 Chi-Chi earthquake, Taiwan
PS1-3	Meulé Samuel	Hydro-morphodynamics of Cigu sand barrier under typhoon events
<b>S1 - Structural geology and basin analyses in convergent plate</b>		
S1-4	Liu Hsing-Chang	Detecting Taiwan's Shanchiao Active Fault Using AMT and Gravity Methods
S1-6	Chang Jih-Hsin	Forebulge Migration in Western Taiwan Foreland Basin
S1-7	Shnurle Philippe	Some Elements on Marine Gas Hydrate Emplacements from 2-D Numerical Modelling
<b>S2 - Geophysics and earthquake studies</b>		
S2-1	Wu C.T.	Integration of e-GPS,RS,GIS, and Laser Scanning Techniques Applied to the Volcanic Slope Slide Monitoring in Taiwan
S2-2	Hsu Ya-Ju	Postseismic deformation a decade after the 1999 Chi-Chi, Taiwan earthquake
S2-4	Wang Liang-Chun	Preliminary study of oceanic crust in East Taiwan offshore region
S2-8	Lin Jing-Yi	Crustal gravitational potential energy change induced by the 2004 great Sumatra earthquake
S2-10	Wu Hao-Wei	Subduction and collision tectonics in the Bashi Strait
S2-11	Leu Peih-Lin	The monitoring and analyses of preseismic anomalies in groundwater and GPS crustal deformation in Taiwan
S2-12	Hsiao Nai-Chi	Development of seismic monitoring and its application for seismic hazard mitigation in Taiwan
S2-15	Huang Bor-Shouh	Rupture processes of the 2008 Wenchuan Earthquake determined from two regional seismic arrays
S2-16	Hsu Hsuan-Ju	The Seismotectonic Significance Inferred from the Study of 2010 Liouguei Earthquake Sequence, Kaohsiung, Taiwan
S2-20	Mozziconacci Laetitia	The second part of the April 2006 Taitung crisis (SE Taiwan)
S2-21	Font Yvonne	Role of 3D velocity model in absolute earthquake location: Application to the Ryukyu Subduction (Taiwan)
S2-24	Mouyen Maxime	Gravity change in Taiwan from kinematic orogeny models
<b>S3 - Neotectonic and seismotectonic studies</b>		
S3-4	Thomas Marion	Exploring the conditions for seismic or aseismic fault slip on the Longitudinal Valley Fault, Taiwan
S3-5	Ng Sin-Mei	Application of InSAR persistent scatterers (PSI) on surface deformation in northwest Taiwan: from a geomorphological lineament to structural inversion
S3-6	Huang Wen-Jeng	Characterizing change of slip along plate-suture mega-thrust during earthquake cycle: a case of the Chihshang fault in eastern Taiwan
S3-7	Huang Bor-Shouh	Mapping the Moho beneath the southern Taiwan with wide-angle reflections from earthquakes and explosions
S3-8	Lebeon Maryline	Three Recipes to Decipher Late Pleistocene Slip Rates of the Chelungpu Thrust (Central Taiwan), based on OSL-dated Folded Terraces
S3-12	Chang Wu-Lung	Postseismic Deformation of Large Normal-Faulting Earthquakes with Implications for Lithospheric Rheology
S3-13	Hu Jyr-Ching	Title
S3-14	Hu Jyr-Ching	Monitoring of Land subsidence and active folding in cenatral and southern Taiwan by PS-InSAR technique
<b>S4 - Drilling across active faults</b>		
S4-1	Doan Mai Linh	In-situ measurement of the hydrolic diffusivity of the active Chelungpu Fault, Taiwan
S4-2	Boullier Anne-Marie	Microstructures of the 1999 Chi-Chi Earthquake Fault Zone
S4-3	Humbert Fabien	Anisotropy of physical properties in discrete samples from the Taiwan Chelungpu Fault Drilling Project (TCDP)
S4-4	Mary Baptiste	Effect of microstructural heterogeneity and anisotropy on the mechanical properties of samples from the Taiwan Chelungpu Fault Drilling Project (TCDP)
S4-6	Kuo Li-Wei	Spatial variation of clay mineral assemblages along the Chelungpu fault, Taiwan, and its implication
S4-8	Chou Yu-Min	The paleomagnetic records of Chi-Chi earthquake (Mw 7.6, 1999)
<b>S5 - Remote sensing and environmental observations</b>		
S5-1	Yeh Ta-Kang	Sensing of precipitable water vapor using ground-based GPS technology in significant rainfall period

S5-2	Chen	Song-Chuen	Gas seepage, pockmarks and mud volcanoes in the near shore of SW Taiwan
S5-5	Champenois	Johann	Persistent Scatterers Interferometry applied to the SW of Taiwan: Neotectonic implications
S5-9	Chang	Chung-Pai	Monitoring of surface deformation in Taiwan by using DInSAR and PSInSAR techniques
S5-10	Kang	Chu-Chun	Determining the Active Surface Deformation in Ilan Plain of Northern Taiwan, Using PSI Technique and Topographic analysis
S5-11	Lien	Tzu-Yi	Comparison of gravity changes from the Hsinchu superconducting gravimeter (T048) and GRACE: effects of low-degree gravity and local hydrology
S5-12	Peyret	Michel	Spatial and temporal ground-surface distribution along the Longitudinal Valley (Taiwan) from PS-InSAR interferometry and sub-pixel image correlation
<b>S6 - Dynamics of Mountain building: Interactions between tectonics, surface processes and climate</b>			
S6-2	Malavieille	Jacques	Tectonics of Taiwan
S6-6	Lu	Chia-Yu	Interactions Between Tectonics and Surface Processes in Taiwan: Insights From Sandbox Experiments
S6-7	Yen	Jiun-Yee	Tectonic activities of Longitudinal Valley in eastern Taiwan inferred from Fluvial Longitudinal Profiles
S6-9	Knittel	Ulrich	Age and Origin of the Caramong Gneiss in NE Mindoro (Philippines) and implications for the make-up of the Palawan Continental Terrane
<b>S7 - Land-sea crustal structures and tectonic activity</b>			
S7-4	Klingelhoefer	Frauke	Tomographic inversion of OBS data of the ACTS wide-angle seismic profile offshore eastern Taiwan trough the Ryukyu subduction
S7-5	Doo	Wen-Bin	New insights on the tectonics of northwestern West Philippine Basin
S7-8	Lin	Hsui-May	Deep Structures of the Forearc Region at the Western End of the Ryukyu Subduction-Collision Zone Offshore Eastern Taiwan
S7-10	Hsu	Ho-Han	Geomorphic and structural characteristics in the western end of the Ryukyu fore-arc and back-arc basins
S7-11	Ku	Chia-Yen	Crustal structures across the Manila subduction zone between Taiwan and Luzon islands
S7-12	Berthet	Théo	Structure of the southernmost Ryukyu subduction zone from multi-channel seismic and wide-angle seismic data
S7-13	Gautier	Stéphanie	A new passive seismic tomography of the Southernmost Ryukyu forearc area (Eastern Taiwan)
<b>S8 - Ground motion prediction and seismic hazard assessments</b>			
S8-2	Chen	Kou-Cheng	Site Amplification in the Taipei Basin Estimated from an Intermediate Depth Earthquake
S8-5	Laurendeau	Aurore	High-frequency generation in a k-2 kinematic source model
<b>S9 - Quaternary environmental changes</b>			
S9-2	Huang	Yin-Sheng	Variation of the magnetic minerals source in the northern Coral Sea over the past 380 ka
S9-5	Yang	Tien-Nan	Lake level changes over the last 21 kyr recorded by land-derived organic components in sediment of Tung-Yuan pond, subtropical southern Taiwan
S9-6	Su	Pin-Ju	Preliminary Study of Sedimentary Environment Changes and Tectonic Evolution of Ilan Plain in Late Quaternary

## 2. 訪問期間相關照片

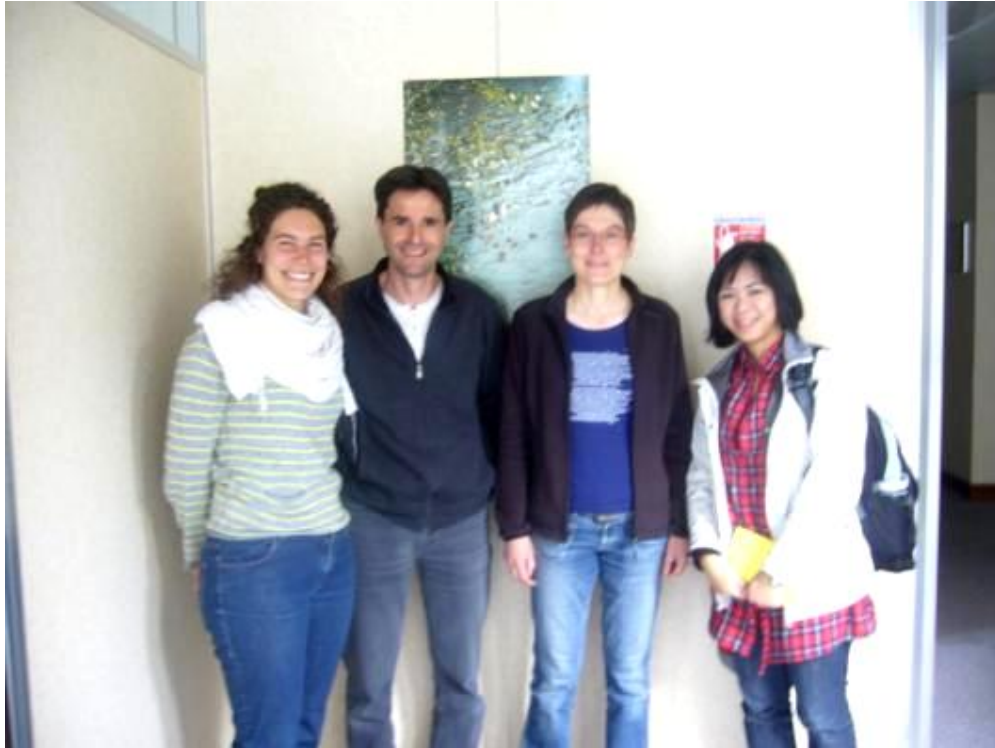


BRGM 訪問行程結束後，與國際部亞洲與中東區 M Wijnen 經理合影

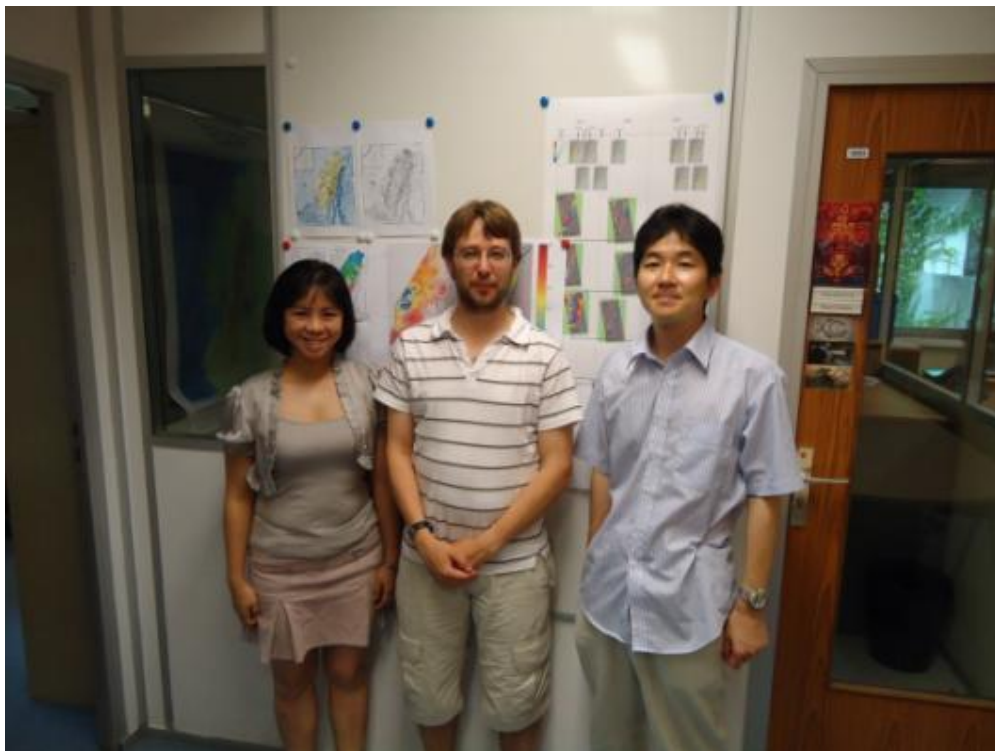


BRGM 訪問行程結束後，與地質部 G Currioux 博士合影





與 BRGM 地質部 M. Le Brun (左起)、P. Calcagno、V. Hamm 等專家討論後合影



LGIT 之訪問結束後與 E. Pathier 助理教授及來訪之日本京都大學深畑幸俊副教授合影



保羅塞尚大學的 O. Bellier 教授於現地講解 Trévaresse Fault 斷層的錯移



艾克斯普羅旺斯近郊之 Trévaresse Fault 斷層野外調查