

行政院及所屬各機關出國報告
(出國類別：研究)

參加法國飛航事故調查局實驗室工作實務訓練

服務機關：行政院飛航安全委員會
出國人職稱：副工程師
姓名：梁 群
出國地區：法國巴黎市
出國期間：民國九十三年八月廿日至九月二日
報告日期：民國九十三年十月七日

行政院及所屬各機關出國報告提要 系統識別號：C09303404
出國報告名稱：參加法國飛航事故調查局實驗室工作實務訓練
頁數：113 頁含附件：是

出國計畫主辦機關：行政院飛航安全委員會
聯絡人：黃佩蒂 電話：(02) 2547-5200 分機 154

出國人員姓名：梁 群
服務機關：行政院飛航安全委員會
單位：調查實驗室
職 稱：副工程師 電話：(02) 2547-5200

出國類別：1 考察2 進修3 研究4 實習5 其他

出國期間：民國九十三年八月廿日至九月二日
出國地區：法國巴黎市

報告日期：民國九十三年九月二十日

分類號/目

關鍵詞：飛航記錄器、飛航資料記錄器、座艙語音記錄器、CVR、FDR、調查實驗室、F800 型 FDR

內容摘要：(二百至三百字)

法國飛航事故調查局（以下稱 BEA）為國際上較為成熟及先進之民航事故政府調查機關，其下之技術實驗室不但具備完整之飛航記錄器解讀能量，近年來更不斷致力於解讀技術之研發及改良，因此該實驗室之解讀技術或工作方法，實為國際上少數可做為本會調查實驗室借鏡之對象。

此次本會派職前往該國實驗室之目的即在了解該實驗室對於飛航記錄器之完整解讀程序及細節，擷取其中可資效法之處；另外亦進一步了解 BEA 自行開發與解讀相關之硬體設備或自行撰寫之應用程式，做為本會實驗室未來能量建置之方向。

本文電子檔已上傳至出國報告資訊網

行政院及所屬各機關出國報告審核表

出國報告名稱: 參加法國飛航事故調查局實驗室工作實務訓練

出國計畫主辦機關名稱: 行政院飛航安全委員會

出國人姓名: 梁 群

職 稱: 副工程師

服務單位: 行政院飛航安全委員會

出國計畫主辦機關審核意見:

- 1. 依限繳交出報告
- 2. 格式完整
- 3. 內容充實完備
- 4. 建議具參考價值
- 5. 送本機關參考或研辦
- 6. 送上級機關參考
- 7. 退回補正, 原因:
 - (1) 不符原核定出國計畫
 - (2) 以外文撰寫或僅以所蒐集外文資料為內容
 - (3) 內容空洞簡略
 - (4) 未依行政院所屬各機關出國報告規格辦理
 - (5) 未於資訊網登錄提要資料及傳送出國報告電子檔
- 8. 其他處理意見:

層轉機關審核意見:

- 同意主辦機關審核意見
 - 全部
 - 部份 _____ (填寫審核意見編號)
- 退回補正, 原因: _____ (填寫審核意見編號)
- 其他處理意見:

目 次

壹、 目的	1
貳、 過程	2
參、 心得	4
(一) Fairchild A100 磁帶式座艙語音記錄器 (Cockpit Voice Recorder, CVR) 解讀學習經驗	4
(二) Fairchild F800 型飛航資料記錄器 (Flight Data Recorder, FDR) 解讀學習經驗	9
(三) FDR資料處理之相關程式開發	13
(四) GPS之晶片處理能量	18
(五) 其它資訊分享	21
肆、 建議	25
伍、 附件	28

壹、 目的

法國飛航事故調查局 (Bureau d'Enquêtes et d'Analyses pour la sécurité de l'aviation civile，以下稱 BEA) 為國際上成熟及先進之民航事故政府調查機關，其下之技術實驗室不但具備完整之飛航記錄器解讀能量，近年來更不斷致力於解讀技術之研發及改良，因此該實驗室之解讀技術或工作方法，實為國際上少數可做為本會調查實驗室學習之對象。

此次本會派職前往該國實驗室之目的即在了解該實驗室對於飛航記錄器之完整解讀程序以及所使用之工具，利用本會既有之 Fairchild F800 型 FDR 以及 Fairchild A100 型 CVR 做為練習題材，從中擷取未來解讀工作上可資效法之處；另外職亦進一步了解 BEA 自行開發與解讀相關之硬體設備或自行撰寫之應用程式，當中為解讀 FDR 而建置之工作架、放大訊號所使用之濾音卡、處理電路板及晶片之電子實驗室以及一系列為處理 FDR 訊號所發展之 Matlab 程式，實可做為本會實驗室未來能量建置之參考方向。

實務工作訓練期間，職亦藉此機會與實驗室以外之部門洽談 BEA 整體運作之狀況，比較本會目前運作情形之差異，其中較為深入者為其公關事務組及值日制度，當中亦不乏本會借鏡參考之處。

貳、過程

為期七天之實務工作訓練行程如下，唯為配合該實驗室人員之時間，因此與原定行程略為不同：

日期	行程
8月23日	<ul style="list-style-type: none">• 參觀該實驗室之配置• 以該實驗室之設備讀取本會 GE791 一案之 F800 型 FDR 磁帶• 與該實驗室工程師 Jean-Claude VITAL 討論其對圖表表現方式之看法• 了解其以 Matlab 自行開發之套圖程式「BAJESTO」• 與該實驗室工程師 Jerome PROJETTI 討論 F800 記錄器之解讀，F800 之解碼軟體，並實際讀取 GE791 磁帶之資料
8月24日	<ul style="list-style-type: none">• 與該會工程師 Phillipe 討論該實驗室處理 CVR 資料所使用之軟體工具
8月25日	<ul style="list-style-type: none">• 與 Phillipe 一同解讀 B55531 事故之 Fairchild A100 型 CVR 磁帶• 與 Jerome 研究其撰寫之 Fairchild F800 型 FDR 解碼軟體 (F800 decoding)• 參與 Jean-Claude 與調查員 Olivier 之 ISASI 年會報告排演，討論其埃及夏莫謝 B737 事故之打撈經驗。

日期	行程
8月26日	<ul style="list-style-type: none"> • 與工程師 Guillaume AIGOIN 討論其所撰處理飛航軌跡之 Matlab 程式「TROJECTO」 • 中午與實驗室主任及其他工程師餐敘 • 與實驗室工程師以及有關調查員討論有關超輕之調查事宜
8月27日	<ul style="list-style-type: none"> • 與 Guillaume 討論 FDR 參數記錄資料維護問題 • 和工程師 Leo 討論其撰寫用以取代 RAPS 之 Matlab 程式「LEA」 • 與 Leo 討論 FlightScape 將 RAPS 由調查專用軟體轉為商業化軟體之作法
8月30日	<ul style="list-style-type: none"> • 見習 Jerome 和另一工程師 Fred 利用其特殊裝置讀取 GPS 記憶晶片之過程 • Allain Guidou 介紹其公關事務組 • 調查官 Allain 介紹 BEA 值日制度 • 與 Guillaume 討論雷達資料運用
8月31日	<ul style="list-style-type: none"> • 和 Jerome 討論他們目前要進行的新計畫—水下定位器訊號搜尋裝備 • 繼續研究 FDR800 decoding 軟體

參、心得

以下針對本次訓練所接觸之不同主題，摘錄訓練過程之概要及學習重點：

(一) Fairchild A100 磁帶式座艙語音記錄器 (Cockpit Voice Recorder, CVR) 解讀學習經驗

- CVR解讀過程與本會做法之比較：

1. 登記記錄器基本資料。

此為必要之記錄保存工作，本會應儘早將此作業制度化。

2. 拆解記錄器，並且將拆解過程全程錄影。

在法國當重大之飛航事故發生時，當地檢察官有權保管所有相關證物，包括飛航記錄器（黑盒子），檢察官可要求參與記錄器拆解過程，因此 BEA 在拆解記錄器時，會同時以兩具攝影機錄影，檢察官及其他調查人員可在另設之展示室內即時觀看，並控制攝影機拍攝角度，當記錄器解讀完畢後，BEA 會將原記錄器、原始磁帶及解讀結果拷貝交由檢察官帶回。

3. 檢查磁帶。

4. 調整磁帶張力，以 Revox C274 磁帶機來回將磁帶張力一

致化。

本會目前以 Nagra T 做為調查磁帶張力之機器。

5. 設定錄音設備，並以混音器測試，確定錄音設備無問題。

以空白音測試硬體設備沒問題後，試放其中一段錄音，確定各軌錄音之強度皆正常。本會目前無此步驟。

6. 設定磁帶播放轉速以及錄音軟體 (Samplitude) 取樣率及頻道等。

BEA 調整播放速度之方法為以其頻譜分析軟體 PVS 即時觀察並調校 400Hz 之交流電源雜訊。

此做法與本會較不相同，由於本會目前播放磁帶之磁帶機較不具調整速度之彈性，因此目前做法仍為將錄音以高於正常轉速之速度轉錄成電子檔，再由軟體調整錄音至正確之轉速，但 BEA 之做法較應可得到較佳之解讀結果，可做為本會今後改善之方向。

BEA 一般使用之錄音取樣率為 32kHz，本會較常使用 44.1kHz，此一取樣率較為普及。

7. 開始錄音。
8. 結束錄音後，拷貝存檔。

- 錄音資料之軟體應用分析：

1. 以 *Samplitude* 做為播放及濾音之基本軟體：

本會目前以 *Vegas* 做為播放聲音之軟體，其缺點為無法同時濾音。

2. 以 *PVS* 進行頻譜分析：

基本而言，*CVR* 可記錄到以下元件之轉速，包括旋翼、轉速齒輪箱之軸與齒輪及引擎等，引擎之轉速較高，齒輪附件次之，旋翼最慢（~6Hz），因此頻譜分析在此類之案件中非常重要。*PVS* 為一相當專業之商用軟體，對於頻譜之處理能力相當強大，其特殊之功能包括即時呈現頻譜；於頻譜中擷取所需資訊，如共振頻率、強度等，並儲存成 *Excel* 檔；快速顯示某一頻率之共振頻率，以方便判斷出一特徵頻率之共振頻率；另外可利用頻譜圖中之頻率變化斜率，根據都普勒原理算出移動物之距離與速度。值得一提的是，*PVS* 價格非常昂貴。

本會目前以 *Sound Forge* 做為頻譜分析及聲音處理之工具，*Sound Forge* 雖無 *PVS* 般強大之頻譜處理能力，但做為聲音專業處理軟體而言功能已堪完備。

3. *XWAVE* 之頻譜分析功能：

XWAVE 為 UNIX 作業系統下之應用軟體，亦有 LINUX 版本。就頻譜分析而言，XWAVE 之頻譜解析度相當高，且可在頻譜能量圖中針對特定時間與頻率區間直接進行縮放、播放聲音、改變強度範圍等。在某些方面 XWAVE 可能較 PVS 來得更傑出，但可惜該軟體目前已停產，推出該產品之廠商已被 Microsoft 合併。

- 其它討論議題：

1. 聲源判定：

在協和號失事調查中，BEA 利用多次座艙內開關錄音之實驗，分析開關錄音之主要分佈頻率、聲音之長度、聲音間隔之長度，以統計方式，判定某些錄音之來源。

2. 人為因素研究：

Phillipe 目前正在進行飛航組員疲勞與聲紋變化關連性之研究，其主要研究目的在找出疲勞程度與基頻之改變是否相關連，而研究方法係利用多組實驗對象，依睡眠時間之不同區分出實驗對象之疲勞程度，然後要求實驗者唸出相同之文字，利用頻譜分析，判斷不同母音之基頻變化程度。而事實上從聲音的許多特徵皆可看出疲勞程度的不同，如聲音的拉長或間斷，咬字不清等，但這些特徵的變

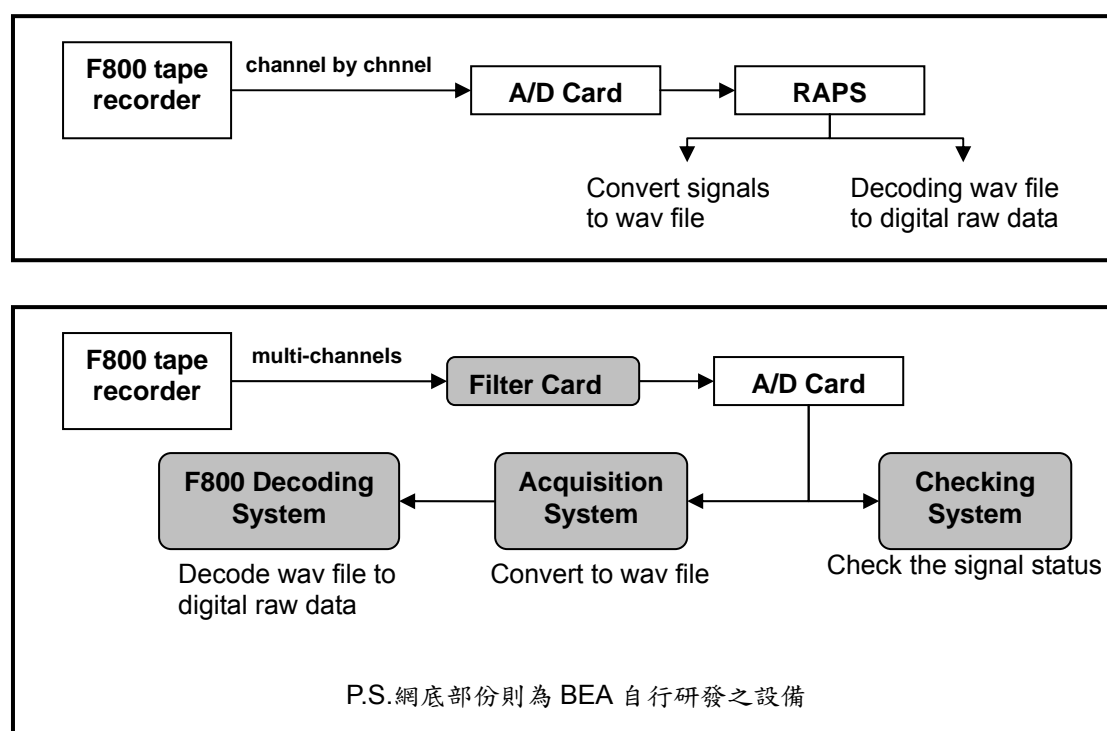
化卻不易量化或找出可循之規則。

3. 其實不論錄音資料來源為何，皆可能從其中發現有用之資訊，Phillipe 舉例說明，曾經由 ATC 提供之一段與直升機之 VHF 對話錄音中，發現一固定頻率之聲響，結果由該固定頻率找出了直升機速度。
4. 目前法國航管單位已利用 DVD RAM 方式記錄平時大量之 VHF 錄音，DVD 可重覆讀寫，容量為 9.4GB，為一相當實用之記錄方法。
5. Honeywell 之固態式記錄器以 PATS 播放時，其 SX3 音效卡可能發生各頻道間播放速度不同步情形，因此較好之方式為將各別壓縮檔 (.dlu) 在 PATS 中解壓縮為 .wav 檔後，再轉至播放電腦中播放。BEA 委託廠商發展一軟體，可直接以 notebook 讀存 Honeywell CVR 之錄音。
6. 埃及在埃及航空公司 990 班機事故與美國 NTSB 發生爭議後，委由加拿大 Flight Scape 公司建構其調查實驗室，經由 Phillipe 解釋後，了解其解讀品質並不盡理想。

(二) Fairchild F800 型飛航資料記錄器 (Flight Data Recorder, FDR) 解讀學習經驗

由於 Fairchild F800 型磁帶式 DFDR 所使用之群組編碼方式 (Group Coded Recoding, GCR)¹ 之獨特性¹，因此在記錄磁帶運轉速度不穩定或記錄機制有所異動時，常造成資料解讀的困難。

目前一般我們解讀 F800 型 FDR 時之步驟如圖一 (上)。



圖一 一般 (上) 及 BEA (下) 對 F800 FDR 之訊號解讀流程

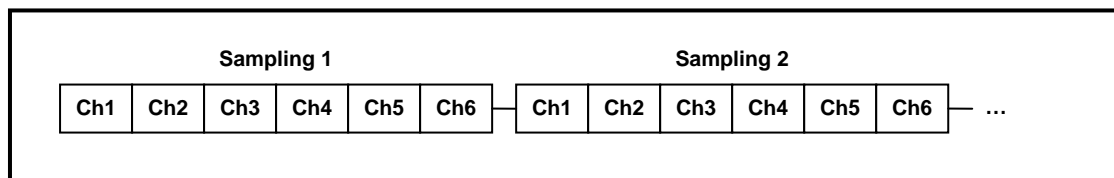
而 BEA 為使解讀結果更為方便與精確，首先其將磁帶機之讀取磁頭改為 8 個頻道，加速原來必須一次讀取一個頻道之作業；另外在讀取磁帶訊號時，BEA 設計可將訊號強化之濾波器；之後利用自行撰寫之訊號讀取軟體 (Auqisition System) 將訊號存成 wav 檔案；

¹ 有關 Fairchild F800 FDR 之 GCR 編碼方式請參閱附件一。

之後利用自行撰寫之解碼程式 (F800 decoding system) 將 wav 檔轉換為數位原始資料，圖一 (下) 即為 BEA 對 F800 之解讀流程，其中各個流程之相關運作方式如後：

- 濾波器 (Filter Card) :

事實上此濾波器為整個解讀系統之核心，設計人為 BEA 前工程師 Yann Picon，該卡同時將 6 至 8 軌之訊號適當加強，之後將訊號傳輸至 A/D card 做數位化，在數位取樣過程中，所有軌道之訊號乃儲存於同一 wav 檔中，其將 6 或 8 軌音軌儲存於一個 wav 檔之工作原理如圖二所示。事實上，此濾波器並非僅針對 F800 型 FDR 而設計，只要是磁帶式 FDR 皆可使用該濾波器以達到加強訊號品質之功能。



圖二 數位取樣後之 wav 檔資料格式

- Acquisition System :

該程式主要功能為配合 AD card 將數位訊號儲存為 wav 檔，我們可以在此程式中設定一些基本選項，如檔名、頻道數、取樣率等。

- Check system :

該程式之功能在讀取訊號時檢視所轉成之 wav 檔案之狀

態，以了解訊號傳輸過程是否正確以及磁帶所記錄之資料是否正常。

- F800 decoding system :

該程式為 Jerome 所改良，其功能為依 GCR 之編碼格式，將 wav 檔案轉換為原始數值資料 (raw digital data)，即 0 或 1。該程式之設計重點如下：

1. 利用 wav 檔波形的波峰及波谷，將 wav 檔做切割，再利用 F800 型 FDR 每秒應有 960 個位元，因此每個位元之長度應固定之特性，判斷切割後之各單元長度包含 1、2 或 3 個 bit²，若為 1 個 bit，稱之為 T1；若為 2 個 bit，稱之為 T2；若為 3 個 bit，稱之為 T3，根據其編碼原理，T1 為「1」；T2 為「10」；T3 為「100」。
2. 將所譯之 T1、T2 及 T3 排列後，找出以 5 個位元為一組之 GCR 資料格式，再利用 ARINC 同步字元 (sync words)，將 wav 檔記錄之資料同步化。
3. 找出同步字元後，判斷相鄰之同步字元間隔中，是否有非屬 GCR 格式之資料。
4. 自動或手動修正非屬 GCR 格式之資料，並求符合 960

bit/frame 之儲存格式。

世界各國之事故調查機關無一類似BEA，自行根據F800型FDR之特性而設計出特有之解讀軟體，因此更顯出此一解讀系統之特別及珍貴，我們也藉此了解BEA之飛航記錄器解讀技術的確領先各國之水準，而由於我國對解讀類似記錄器不似BEA有那樣高之需求³，且目前本會支援程式寫作之人力尚不充足，因此此類研發可做為本實驗室未來之努力目標。

² F800 型FDR係採NRZ (non return to zero) 之編碼特性，因此每次波形之斜率正負號改變即代表數值「1」，而相鄰的「0」最多不超過兩個，因此會經過波峰波谷的切割，出現在波形中的組合情形會包括「100」、「10」、「1」三種長度，在該解碼系統中，分別以T3、T2、T1表示之。

³ 根據Phillipe說法，BEA每年約需處理CVR及FDR各五十具左右，而大部份之記錄器來自其鄰近國家。

(三) FDR 資料處理之相關程式開發

- LEA—FDR 資料分析程式

LEA 為 BEA 實驗室工程師 Leo 所開發之程式，其功能在取代 RAPS 之 FDR 資料讀取、分析、計算、呈現及輸出，與 RAPS 不同為該程式為專會失事調查所設計，因此許多特置化之需求較 RAPS 為方便，如各參數間之運算、圖表製作等。以下將 LEA 之特點做一整理與介紹：

1. BEA 之所以決定自行製作 LEA 的原因在於：RAPS 廠商無法針對事故調查機關所發現之系統缺失或不足之功能加以改善，反而將 RAPS 軟體轉向一般化與商業化，失去原先由各個失事調查機關共同投資開發屬於事故調查專用軟體之本意。
2. BEA 認為由其自行開發 FDR 分析，他們便能夠完全了解到底各個參數間之運算原理，以及參數使用之限制與準確度。此為過度使用現有之商業軟體後會產生之弊病。
3. LEA 可讀取已下載之 FDR 原始資料，包括 RAPS 所用格式之檔案，但 LEA 不似 RAPS 可直接將訊號轉譯成原始資料格式，此部份 BEA 以其特有之訊號讀取程式可完全取代。

4. 由於 LEA 為以 Matlab 撰寫之程式，因此修改及擴充之彈性甚大，例如 LEA 已將 Bajesto 及 Trejecto 兩個分析程式掛在其選單中，整合成為完整之分析程式。
 5. 由於 LEA 以 PC 為作業平台，且具備修改彈性，因此在 LEA 下，甚至已包含若干與 Microsoft Word、Excel 相連結之功能。更方便於調查作業之一貫性。
 6. Leo 已製作了英文版面之 LEA 程式，或許不久後將分享該程式予其它失事調查機關使用。
- BAJESTO—地理資訊資料套疊程式

此程式為 BEA 工程師 Sebastian David 自行開發之地圖套疊程式，與現有市場上之 GIS 軟體相比，此程式功能當然顯得不足與迷你，但真正了解 BEA 實驗室工程師之想法後，職發現此作法正印證其求真、踏實的態度。

他們強調不論使用什麼軟體，他們希望知道「我在做什麼」，因此類似地圖座標套疊，市面軟體已相當普遍之功能，他們仍堅持要了解到底其中轉換之程式為何，若不知道，他們便會以自己已知的方法，設計自行能掌握之程式。Bajesto 就是在這樣的背景下產生，目前此項程式已整合至 LEA 當中，成為 LEA 之子功能之一。

- TREJECTO—軌跡計算程式

此程式為工程師 Guillaume 所開發，功能為利用 FDR 所取得之資訊計算出航空器之飛航軌跡。

Guillaume 如同授課般清楚解釋了各種軌跡計算之方式與原理，並且說明了不同的方式所適用的場合以及各種方式計算結果的誤差與限制。詳細之內容可見其於今年六月參加記錄器調查員研討會之報告內容（附件二）。

茲將幾種主要之軌跡計算方式介紹如下：

1. 依慣性參考系統（Inertial Reference System，IRS）

- 此方法所需資訊包括：地速、航向、漂移角，若須三維資訊則另需高度資料。
- 此方法無法考慮側滑角，因此須在側滑角極小時結果方可較為準確。
- 考慮磁偏角之修正以及 QNH 高度修正。
- 此方法誤差來源為地速之誤差，此誤差經積分後將放大與時間長度成正比。

2. 依風向風速（anemometrical data）

- 所需資訊為空速（以此計算地速）、機外溫度、風向及風速、航向及高度。

- 此方法亦無法考慮側滑角，因此須在側滑角極小時結果方可較為準確。
- 考慮磁偏角之修正以及 QNH 高度修正。
- 此方法誤差來源為計算後之地速誤差，此誤差經積分後將放大與時間長度成正比。

3. 依三軸加速度 (three-axial accelerations)

- 所需資訊為三軸加速度、航向、滾轉角、仰角。
- 此方法須由座標轉換將機身座標轉為地面參考座標。
- 此方法誤差來源為加速度誤差，並經兩次積分後誤差將放大與時間平方成正比，因此僅適用於短時間之軌跡計算。
- 此方法在座標轉換後須給定地速方向等初始條件。
- 此方法則不須考慮側滑角問題。

4. 依儀器導航系統 (Instrument Landing System, ILS)

- 此方法所須資訊為 FDR 記錄之 localizer 及 glide slope 角度及測距儀 DME 等，以及機場滑降台及左右定位台位置。
- 此方法侷限於進場前之軌跡計算。
- 此方法先將 localizer 及 glide slope 角度算出，再做

軌跡計算誤差在於 localizer 及 glide slope 角度及

DME 誤差，唯此方法不用積分故誤差與時間無關。

- 雷達軌跡計算程式

在一些案件中 FDR 無法取得或航空器無 FDR 時，則必須先由雷達資料取得初步的軌跡資訊。

雷達資料來源包括初級雷達 (PSR) 及次級雷達 (Secondary Surveillance SSR)，通常選擇最為接近航空器之 SSR 所記錄之資料做為計算依據。

利用雷達資訊計算軌跡通常需要資訊包括雷達記錄之距離與角度，以及 SSR 高度資料 (Mode C)，另外雷達本身位置相當重要，為初始位置修正之依據。

由雷達資料亦可反推航空器速度及航向，但在使用 PSR 資訊時，雷達記錄間隔較長，計算所得之平均速度及航向差則可能產生很大誤差。因此在使用這些計算結果時須小心註明誤差水準，以免調查人員誤解。

有關此部份之相關訊息可參考附件三之報告。

(四) GPS 之晶片處理能量

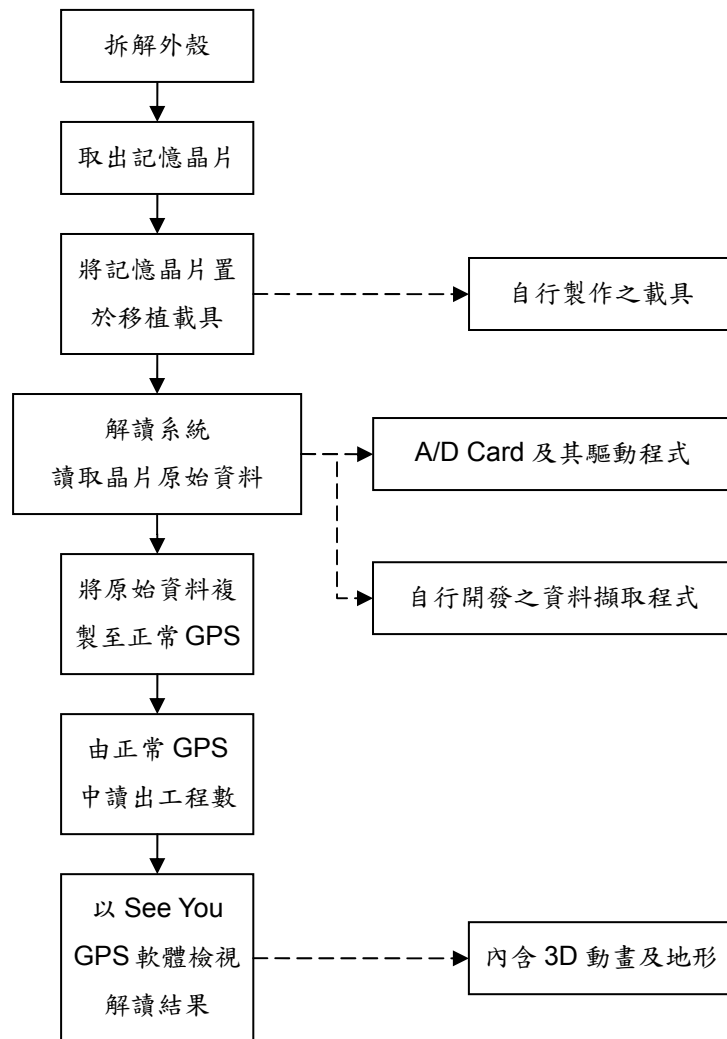
BEA 目前在實驗室下建置了電子工作室，專為處理電路板或晶片拆解及解讀而設，而主要處理對象即為 GPS 之晶片。

目前該工作室所包含之設備包括拆解外殼之基本工具、移動晶片之機械手臂、晶片移植載具、資料解讀系統（包括讀取訊號之 A/D 卡、自行撰寫之資料讀取程式及 GPS 解讀軟體）等。

當需要解讀 GPS 資料時，BEA 實驗室一般之做法如下：

1. 判斷 GPS 是否受損，若 GPS 仍完好，則直接以解讀裝備下載晶片資料。
2. 若 GPS 受損而內部記憶晶片仍完好，則以上述之裝備及解讀系統將晶片移植後讀取內部資料。
3. 若 GPS 之記憶晶片同時受損，則只能送廠，評估是否仍可讀取其中資料。

目前 BEA 對於 GPS 受損，但晶片仍完好之情形下，能夠以其移植裝備將記憶晶片之原始資料讀出，但由於 BEA 仍未取得各型 GPS 之編解碼資訊，因此仍須將讀出之原始資料儲存於另一完好之 GPS 晶片中，再以各型 GPS 現有之解讀裝備將原始資料解譯成工程數據。以下僅就目前 BEA 對此類晶片處理流程介紹如下：



圖三 完好記憶晶片之讀取流程

此次訓練適值工程師 Jerome 及 Fred 兩人第一次測試上述之解讀裝備，準備將一 Garmin 295 型 GPS 之晶片由事故 GPS 取出後，讀取其中資料。歷經一個下午的嘗試，終於確認此一系統可以運作。

工程師 Jerome 表示，在其建置晶片解讀能量之最大困難是得不到廠商之技術資料，因此諸如晶片各接腳之作用為何，皆為逐步測試得來。而是否能進而取得各型 GPS 之資料編碼文件，則仍須與廠商

繼續協調。

回溯 BEA 之所以企圖建立此一能量之原因，發現其動機仍在於平日所處理之案件中，必須面對大量之 GPS 解讀，尤其對於普通航空業或超輕型載具，或許 GPS 為唯一可做為事故憑判之根據，因此能否讀出僅有之事故資訊儲存裝備成為其重要之課題。從中我們可以感受到「需求」為研發之重要動力，而「追根究底」則為研發成功之基礎。

(五) 其它資訊分享

- 超輕調查經驗

由於本會今年開始負起調查超輕飛航事故之權責，因此特別利用此次機會與 BEA 之工程師及調查官討論此一事宜。在法規層面而言，BEA 並未針對超輕之調查有特別之規定；而就實務層面而言，由於在法國一年發生之超輕或普通航空業飛航事故三百多起，約平均一天會有一起事故發生，因此 BEA 對於超輕之調查，僅止於蒐集事實資料，以及在其資料庫中建檔而已，並不會類似民用航空器失事調查之規模及全面。經詢問，雖然 BEA 被賦予調查所有航空器之職責，但其報告形式並未被限制，因此 BEA 對超輕之調查可以僅止於事實資料蒐集與建檔。目前本會受限於法規之限制，作法上可能無法類似 BEA 之彈性，如此可能對本會之人力及資源造成不必要之浪費與負擔。

- 值日官制度

由於 BEA 本身之規模較大，值日業務較為複雜，而其每年接獲之通報動輒三、四百件，因此值日人員之工作量亦較本會為多。相較之下，BEA 之輪值制度確實較為良善，許多作法非常適合本會參考。以下茲對其值日制度之優缺點介紹

如下：

1. BEA 值日人員主要為其調查官（不包括技術人員）——此一作法對調查官之負擔較重，但由於其值日時之工作與平日不同，因此或可解決此一問題。
2. 輪值週期為一星期——職認為由於 BEA 輪值值日官所須實質負責之業務頗為縝密，不僅為「留守性質」，因此對於當值人員之職務熟悉及業務連續性而言，此為較佳之週期安排，當然，此亦可能加重值日人員之負擔。
3. 夜晚值日官不必留守辦公室——BEA 值日官之值日原則為白日時儘量不遠離辦公室，而夜晚可回家，但以電話待命。
4. 留守值日室——BEA 值日官上班時須留在其值日室，此作法係由於該值日室之設備完善，因此值日人員所需資源皆可在值日室取得。以下即對其值日室之設備做一介紹。
5. 值日室——在值日室中包括各種通報設備，電話、email、傳真、電報、收音機等，因此值日人員留在值日室便可馬上接獲不管任何形式之通報；另外值日室備有所有相關文件，包括作業程序、相關法規、地圖（紙本及電子檔）、網路設備等方便值日人員蒐尋各式相關資料；而最值得一提者為其電子通報資料庫，介紹如後。

6. 電子通報資料庫—任何通報案件皆由值日官輸入此資料庫中，此做法不僅完整記錄所有通報事件，便於統計管理，亦避免檔案往來之繁瑣而造成之遺漏或疏失。本會應將此列為能量建置要項之一。
7. 由值日官統籌先遣小組人員之調配—由於值日室對所有調查人員之行程皆有備載，因此值日官可清楚人力之運用情形做為人力調配之依據。

- 公關事務組

在訓練期間，BEA 公關事務組負責人 Allain Guidou 為職介紹其公關事務組之作業情形及概況。

BEA 公關事務組共有 12 位職員及一位主管，其下負責工作如後：

1. 網站架設及維護—兩人專職負責網頁建立、修改、維護等作業，為求穩定性，該網站建置於 UNIX 作業系統下。明年初 BEA 網站將有新版面出現。
2. 出版報告之美編—三人專職負責 BEA 報告事宜。包括版面美化、印刷、數量管理等。
3. 處理陳情事宜—一人專職負責有關家屬、民眾之各種形式之陳情，索取報告、相關資料以及法律問題。

4. 會議籌備——一人專職負責國內外會議之規劃、行程安排、參加人員等。
5. 檔案管理——兩人負責檔案之保存、歸檔、整理及維護。
6. 秘書工作——兩人為專責秘書。

由於 BEA 規模及事故處理工作量確較本會為大，但其分工之原則或許可做為本會未來人力規劃時之參考，另外由其對網站管理之方式可見其對網站之重視，此為對外交流之重要管道，本會未來應在此方面更為加強。

- ISASI 年會專題報告

BEA 歷年來之 ISASI 年會報告發表之形式皆為兩人共同發表，最常之組合即為一名調查官與一名工程師互相配合。此次訓練適逢 ISASI 年會前夕，而此次 BEA 派往 ISASI 之人員恰為工程師 Jean-Claude 與另一調查官 Olivier，因此訓練期間 Jean-Claude 邀請職參加其在 ISASI 之報告排演，主題為其埃及夏莫謝 B737 事故之打撈經驗。

由其報告之排演發現，兩人共同發表時，對報告之品管能有雙重把關，兼顧不同專業領域之考量，並且在發表時能夠互相協助、提醒，以應付臨時狀況。此一作法或可作為本會未來類似發表場合之參考。

肆、 建議

1. 在與 BEA 工程師 Jean-Claude 深入討論中了解，該實驗室之所以具備良好之研發能力，乃基於其實驗室工程師對該專業領域中之基本智識能夠深入了解，並在發現實際需求後著手進行研究改進。此一邏輯確為正常能量開發之途徑，「具備良好基本知識」後，「了解需求為何」，進而依所需改良現有裝備與技術。此一精神由其 BAJECTO 程式開發以及目前所致力之 GPS 晶片解讀能量開發得到印證。因此打好基礎功夫，體察實際需求，為開發新技術的最好動力。
2. 由 BEA 之報告可以看出，BEA 實驗室對所撰寫之報告品質要求甚高。舉圖表製作為例，工程師 Jean-Claude 展示其為多起不同飛航事故所做之圖表。基於不同之目的，圖表之解析度、表現手法、包含資訊等皆不一樣，而製作圖表時最重要之考量仍為「幫助讀者了解」而非「混淆讀者」，因此以讀者立場呈現為第一，再者製作者應力求圖表清晰與美感，Jean-Claude 為求每一張圖表之美感，要求以 Photoshop 將不完美處加以處理，此為本會對報告品質須再加強的地方。
3. BEA 目前仍有多項研發計畫正在進行，如目前該實驗室正在進行「水下定位器訊號搜尋」研發，計畫中以深深度之記錄器搜尋為

目標，試圖以所測得之微弱訊號源判斷出記錄器位置。此項計畫與本實驗室之下階段目標不謀合，可見各國事故調查機關在實際需求上確有其共同點。因此，建議類似之技術交流應繼續維持，使彼此之資訊能夠互通有無，以達事半功倍之效。

4. 前文所提 F800 型 FDR 解讀系統中所使用之濾波器及訊號讀取系統，可大幅改善磁帶訊號之品質，因此對於磁帶式 FDR 之解讀幫助甚大。本會可以實驗方式，逐步建立此一能量。在不影響現有解讀裝備情形下，以試驗性磁帶機做為實驗機台，參考 BEA 之經驗，嘗試不同之讀取磁頭及濾波器，研發出適用之訊號加強系統。
5. 目前本會對於 F800 型 FDR 記錄器之解讀仍需倚重 RAPS 系統之數位化及編碼解譯，此對於狀態完好之磁帶較無問題，但遇上類似 GE791 之情形時，若以手動方式修正錯誤資料相當費時且易產生誤判，屆時仍須借用 BEA 目前之解讀系統解讀結果會較為可靠。
6. 本會之值日制度應可參考 BEA 之作法後做適度調整，強化值日室之設備與值日官之工作權責應作為改善值日制度之兩大目標。尤其及早建置電子通報資料庫，實為刻不容緩之事。
7. 此次曾與工程師 Guillaume 論及 FDR 記錄參數維護問題，此議題

事實上端視民航界整個大環境對 FDR 參數維護之重視程度，因此要推動各航空公司正視此一問題著實不易。然 BEA 試圖藉由改變法國民航局想法，在法規上改變或制訂有關規定。本會在處理某些案件時，確實也發現了一些參數不正確而缺乏某些資訊的情形，因此如何解決此一問題確實也是本會有待解決之課題。

伍、 附件

附件一 Fairchild F800 型 FDR 解讀系統簡報

附件二 飛航軌跡計算方法介紹簡報

附件三 雷達軌跡計算方法介紹簡報

附件一 **Fairchild F800 型 FDR 解讀系統簡報**



**Bureau d'Enquêtes et d'Analyses
pour la Sécurité de l'Aviation Civile**



Liberté • Égalité • Fraternité

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Improvement of the quality of data retrieval from the F800 flight data recorder



Jérôme PROJETTI

Carried out at the BEA

(Bureau d'Enquêtes et d'Analyses pour la Sécurité de l'Aviation Civile)

Maître de stage : M. Yann PIHAN



PLAN

- Frame of the study
Flight recorders : description and use for investigations
- Basics of data recording by the F800 recorder
F800 reading and data retrieval
- Detection and localization of errors
Correction of errors



Incidents and accidents

BEA : Investigations

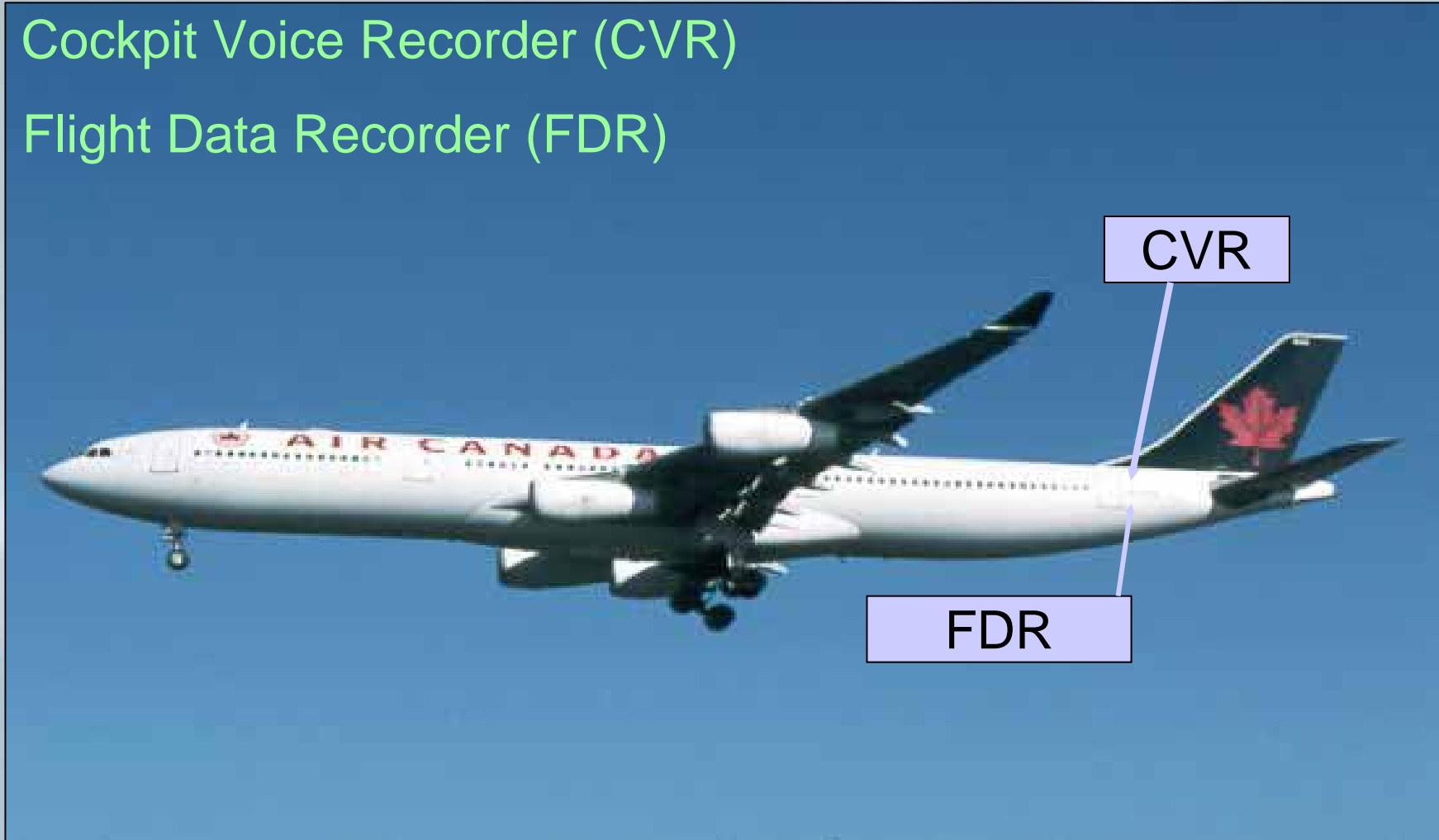
Technical investigations :

- Use of flight recorders (« black boxes ») or any other recordings
- Metallurgical and chemical investigations...

Flight recorders

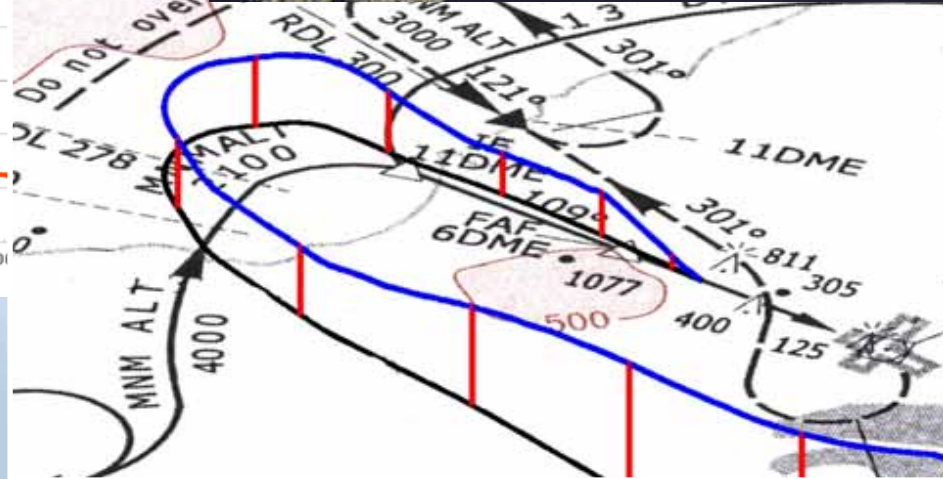
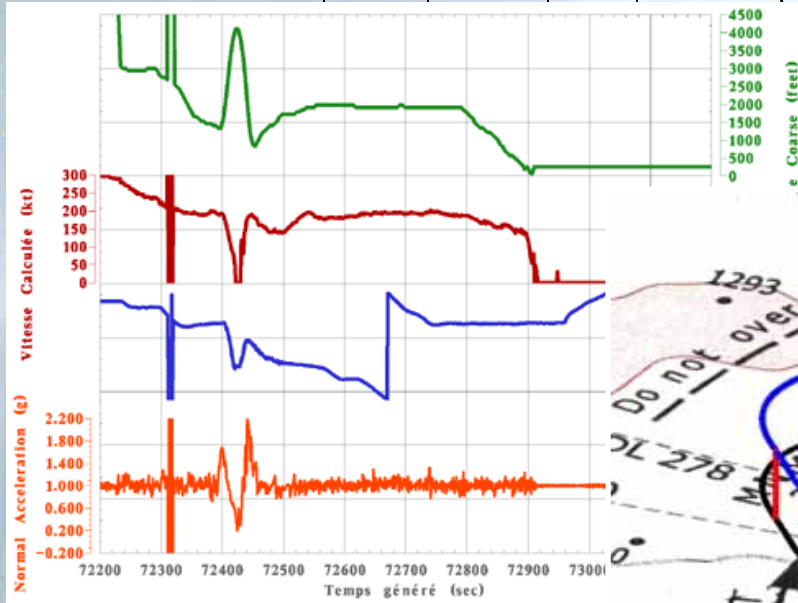
Cockpit Voice Recorder (CVR)

Flight Data Recorder (FDR)



Use of FDR

Temps genere (s)	Computed Airspeed (knots)	Altitude (feet)	Normal Acceleration (g)	Pr (E (d
84750	45	736	1.048	
			1.041	
			1.069	
			1.062	
			1.041	



Magnetic tape flight data recorder

Outside view



Magnetic tape flight data recorder

Inside view



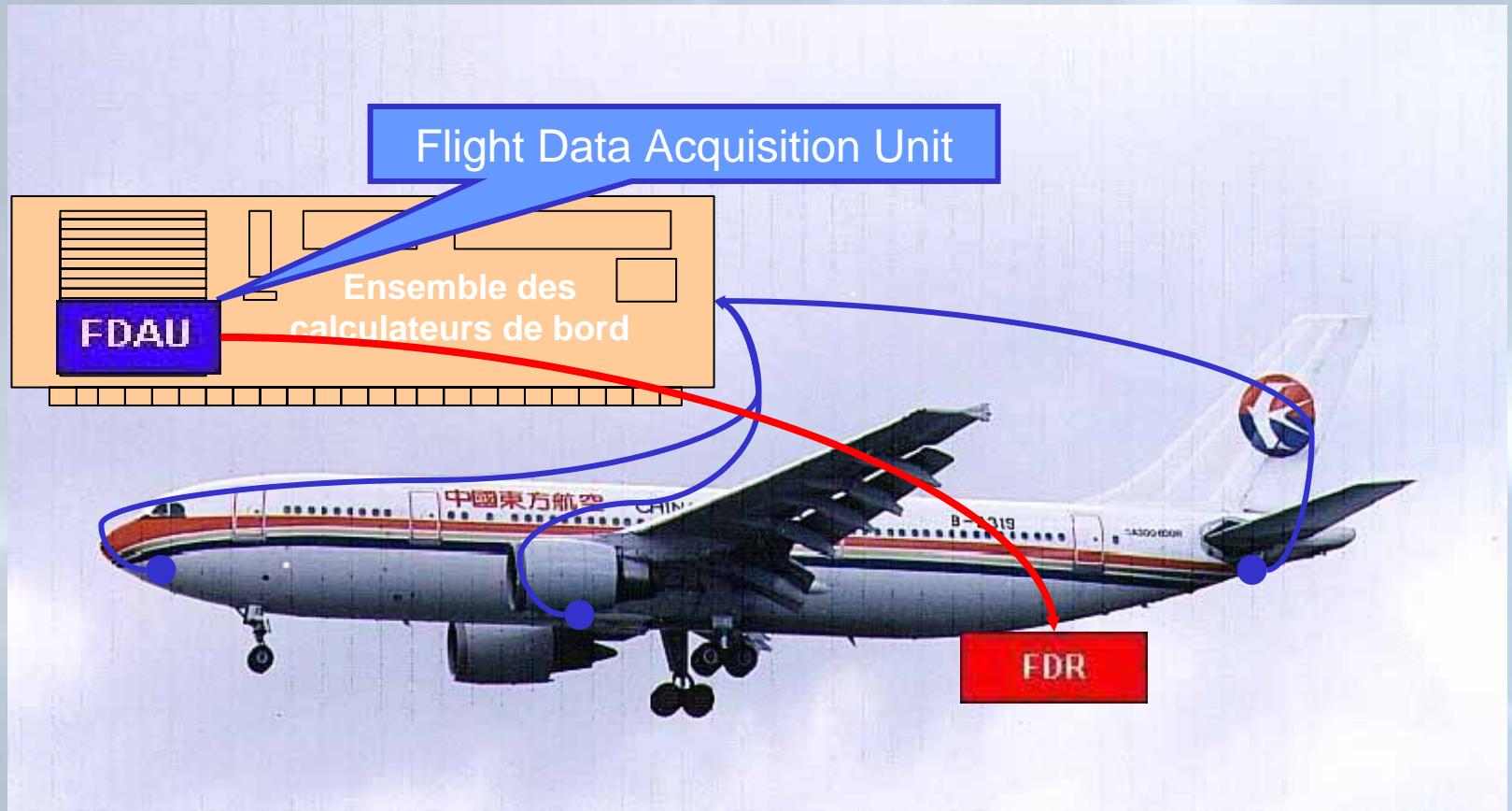
Magnetic tape flight data recorder

Problems

- Change of the magnetic tape running speed
- Increase of the distance between the magnetic tape and the write heads
- « Entrefer effect » : spatial average
- Outside noise

Recording

Basics

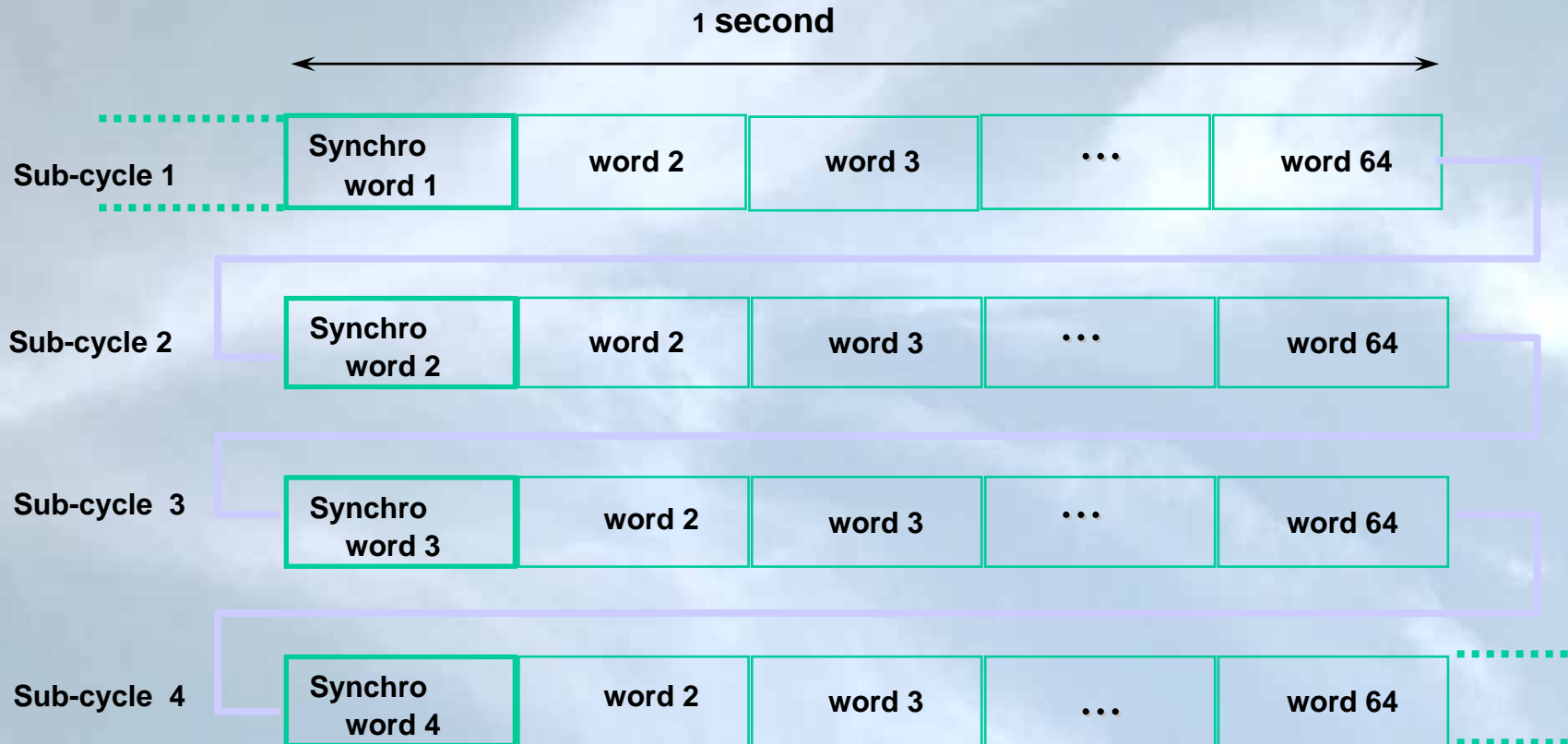


Recording

Data organization

1 Sub-cycle = 64 Words de 12 bits = 1 second

1 Cycle = 4 Sub-cycles = 4 seconds

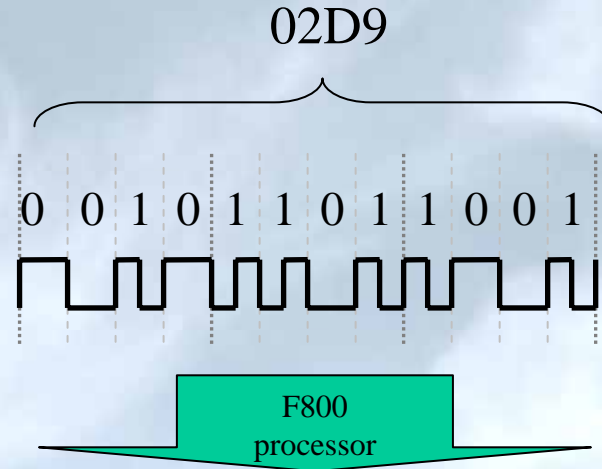


Recording

Data format

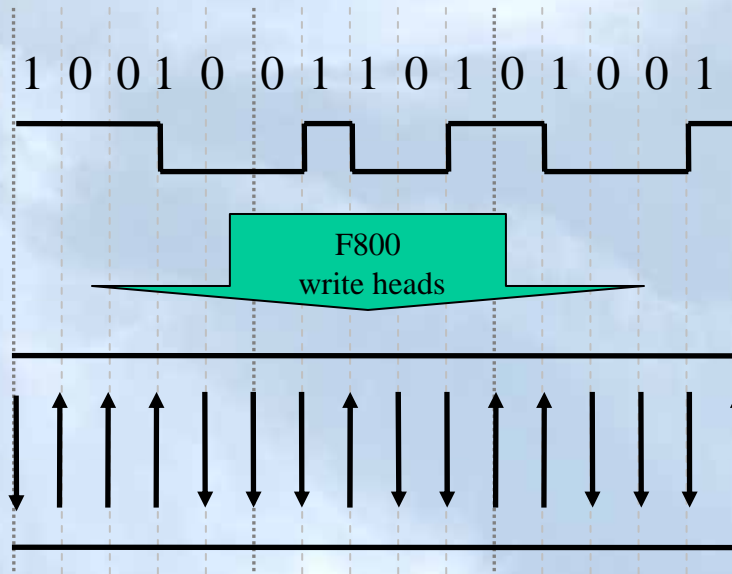
Binary value
(12 bits binary word)

Harvard Bi – Phase signal



Binary encoded value
(15 bits GCR word)

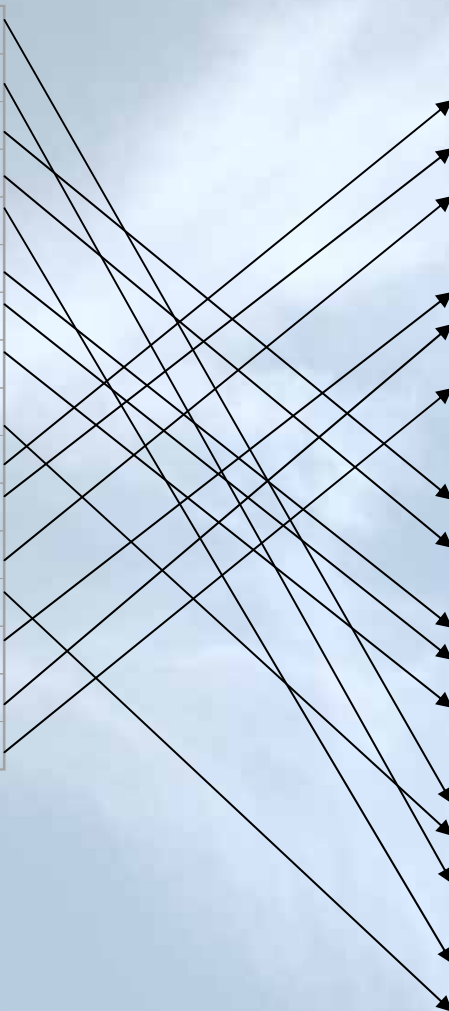
NRZ – Mark signal



Recording

The GCR code (Group Code Recording)

Mot 0	0000
Mot 1	0001
Mot 2	0010
Mot 3	0011
Mot 4	0100
Mot 5	0101
Mot 6	0110
Mot 7	0111
Mot 8	1000
Mot 9	1001
Mot 10	1010
Mot 11	1011
Mot 12	1100
Mot 13	1101
Mot 14	1110
Mot 15	1111



Mot 0	00000
Mot 1	00001
Mot 2	00010
Mot 3	00011
Mot 4	00100
Mot 5	00101
Mot 6	00110
Mot 7	00111
Mot 8	01000
Mot 9	01001
Mot 10	01010
Mot 11	01011
Mot 12	01100
Mot 13	01101
Mot 14	01110
Mot 15	01111
Mot 16	10000
Mot 17	10001
Mot 18	10010
Mot 19	10011
Mot 20	10100
Mot 21	10101
Mot 22	10110
Mot 23	10111
Mot 24	11000
Mot 25	11001
Mot 26	11010
Mot 27	11011
Mot 28	11100
Mot 29	11101
Mot 30	11110
Mot 31	11111

Reading

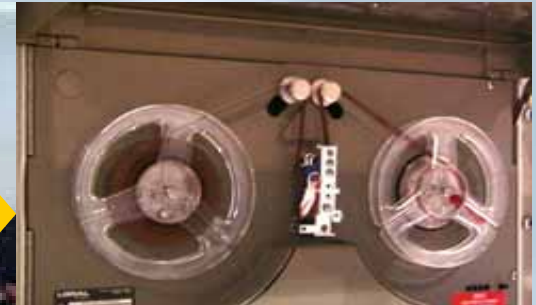
Basics



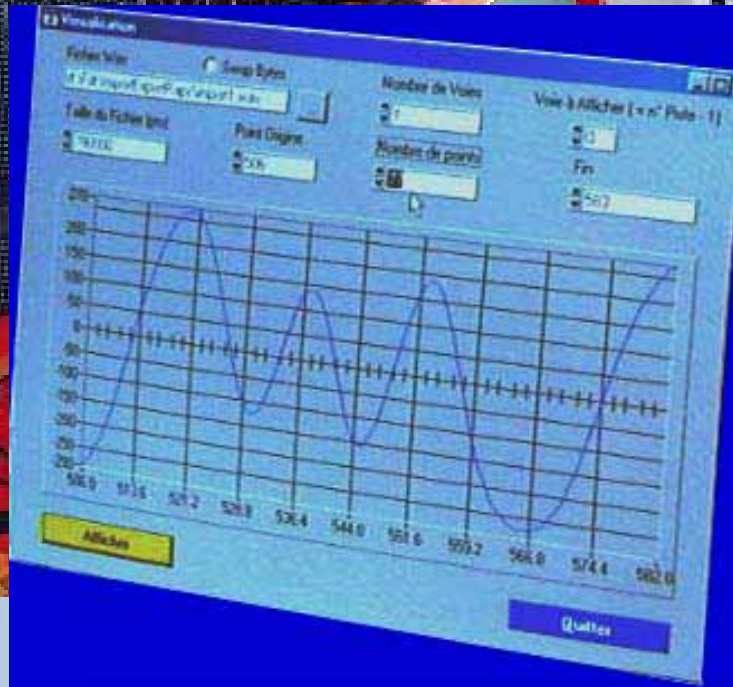
Opening of the protected box



Rewinding



Reading of the magnetic tape



Signal analysis and decoding

Reading

Signal decoding

Magnetic prints on the tape
(residual induction)

BEA tape player

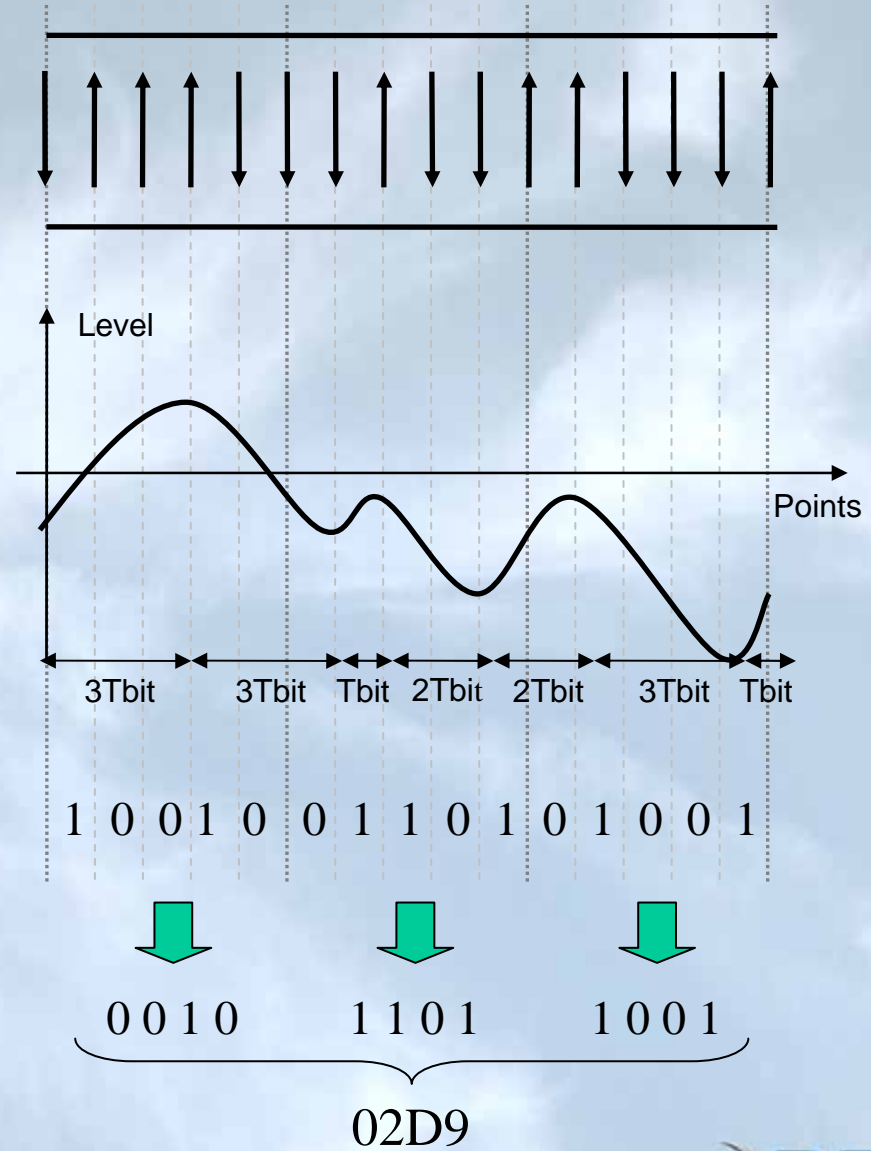
Analogic signal read by the
read heads and amplified

Decoding

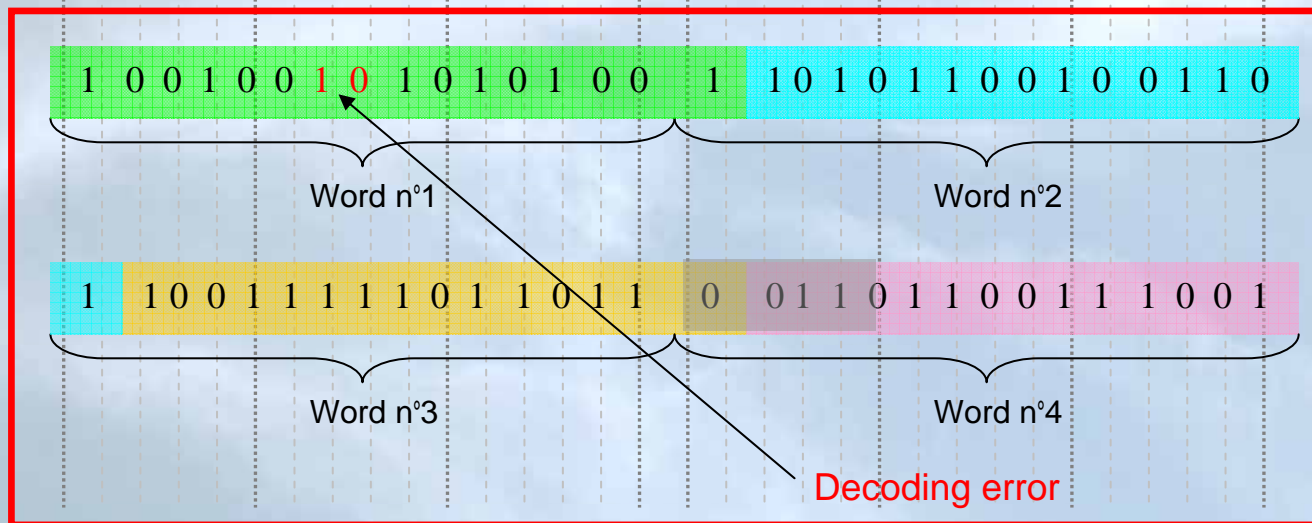
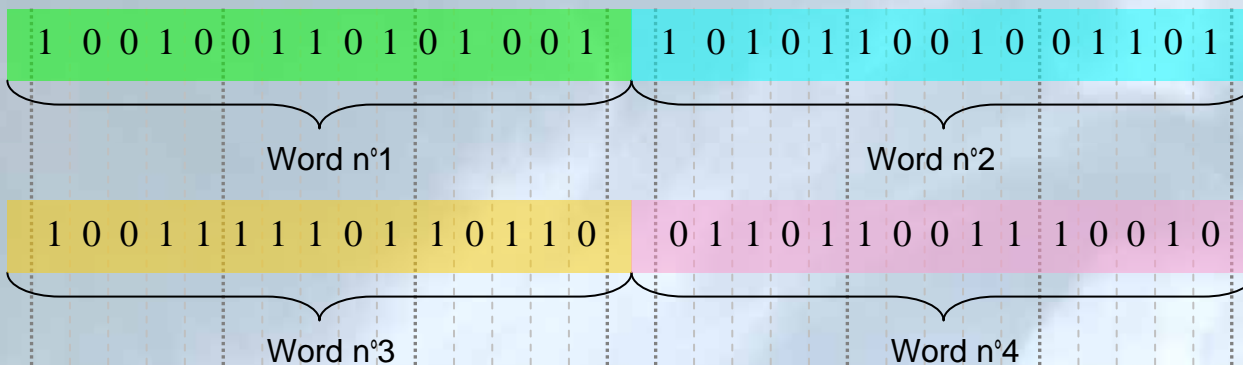
GCR Binary signal decoded

Conversion

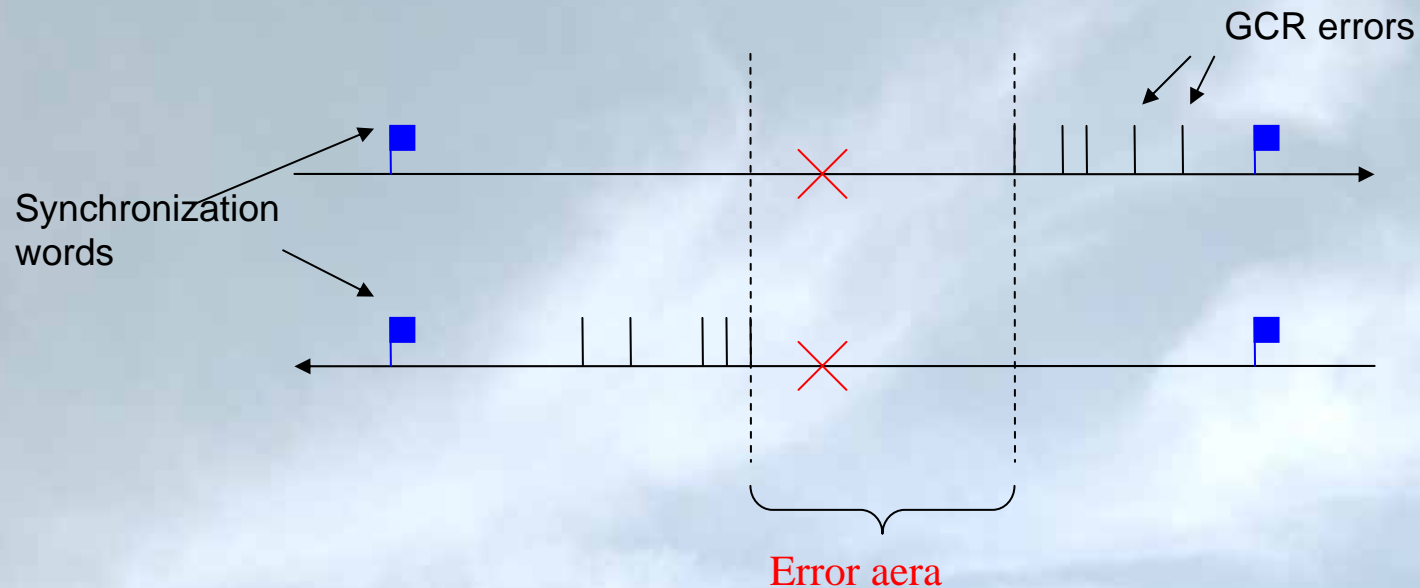
Arinc binary signal
converted



Interest of the GCR code (Group Code Recording)



Intérêt du code GCR (Group Code Recording)



- Are there necessarily GCR errors ?
- What is the GCR errors occurrence probability ?
- Is there a pattern ?
- What happen when there are several decoding errors ?

Detection and localisation of errors

Software synoptic

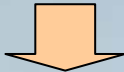
List of 100000 points

...45, 48, 52, 64, 69, 61, 57, 43, 29,...

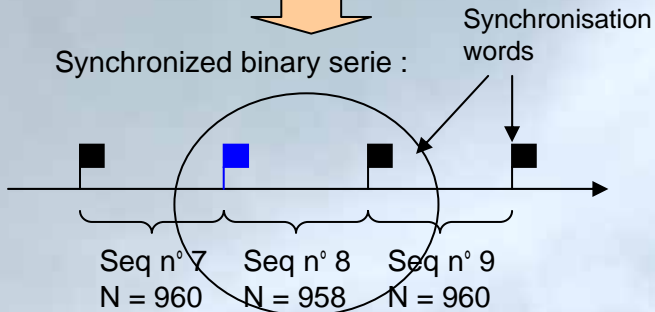


Unsynchronized binary series :

...100110110010101110100...

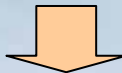


Synchronized binary series :



N bits incorrect binary sequence :

...01111010100101011110...



Incorrect areas

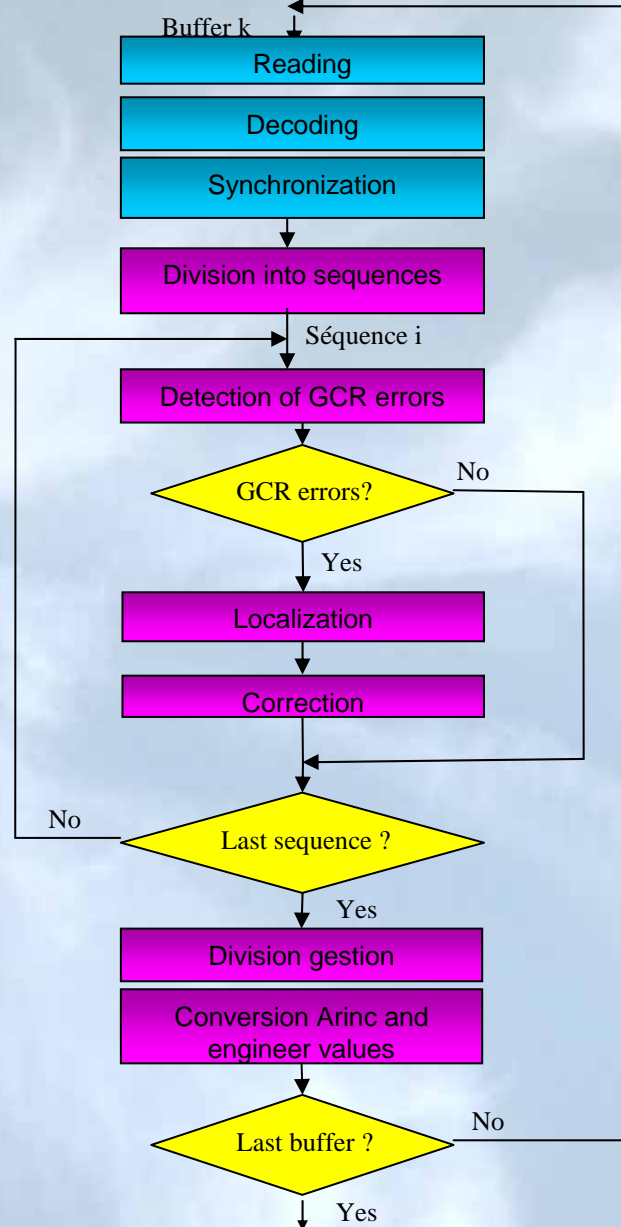


N' bits corrected binary sequence :

...01111010100101011110...

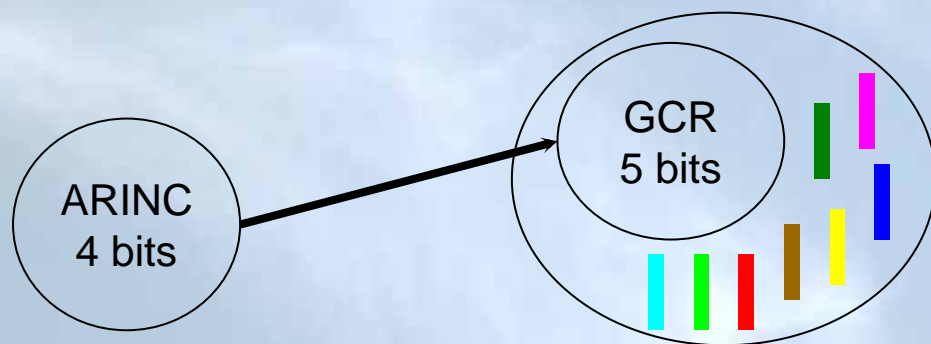
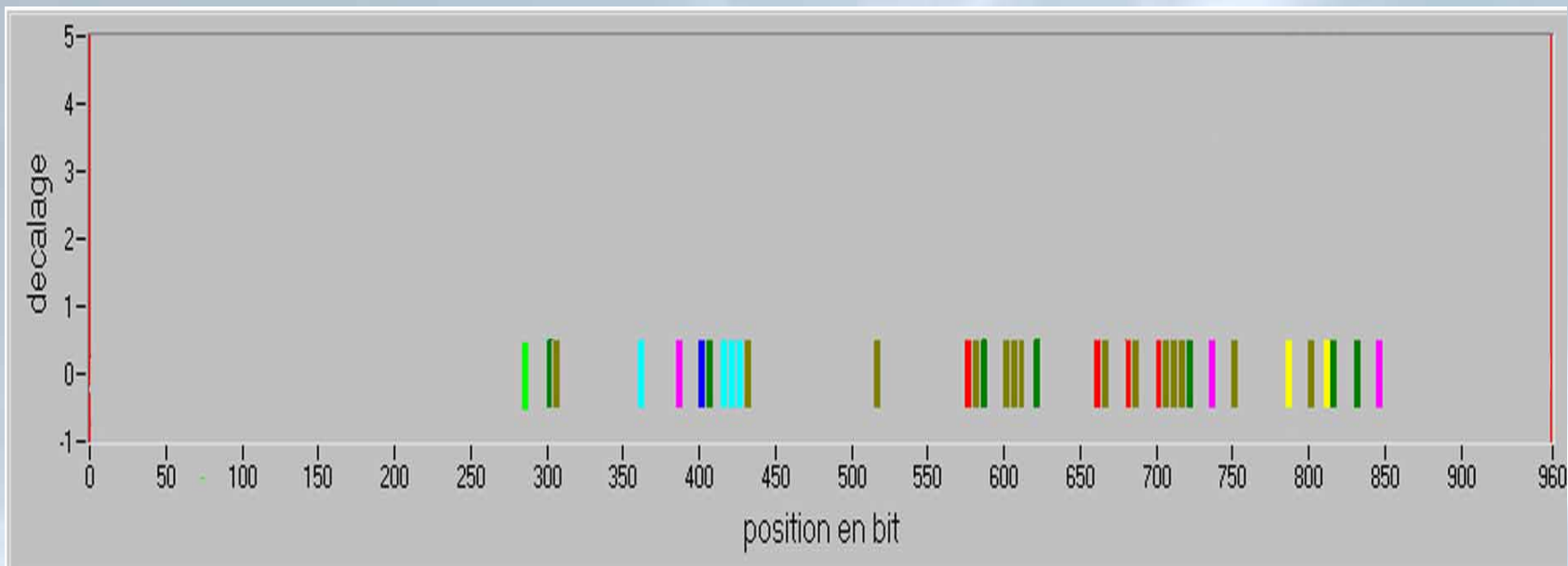
Digital signal file

$k = k + 1$



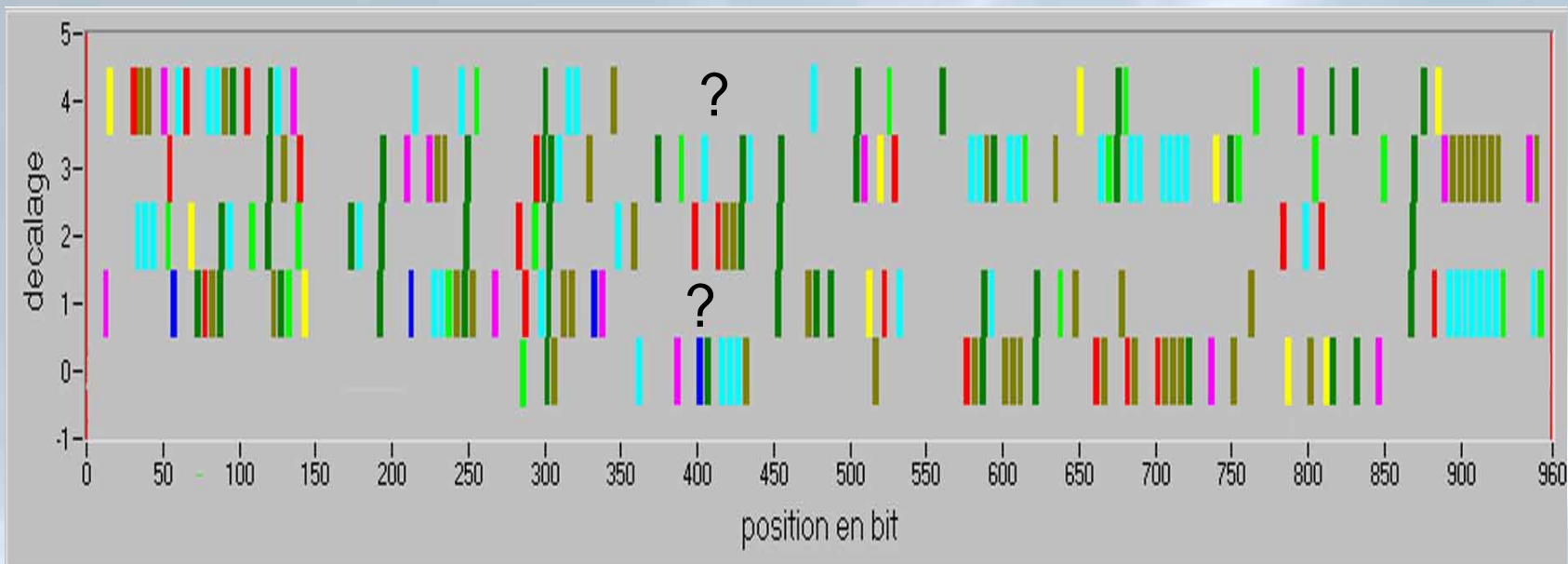
Detection and localisation of errors

5 bits words of an incorrect track not belonging to the GCR code



Detection and localisation of errors

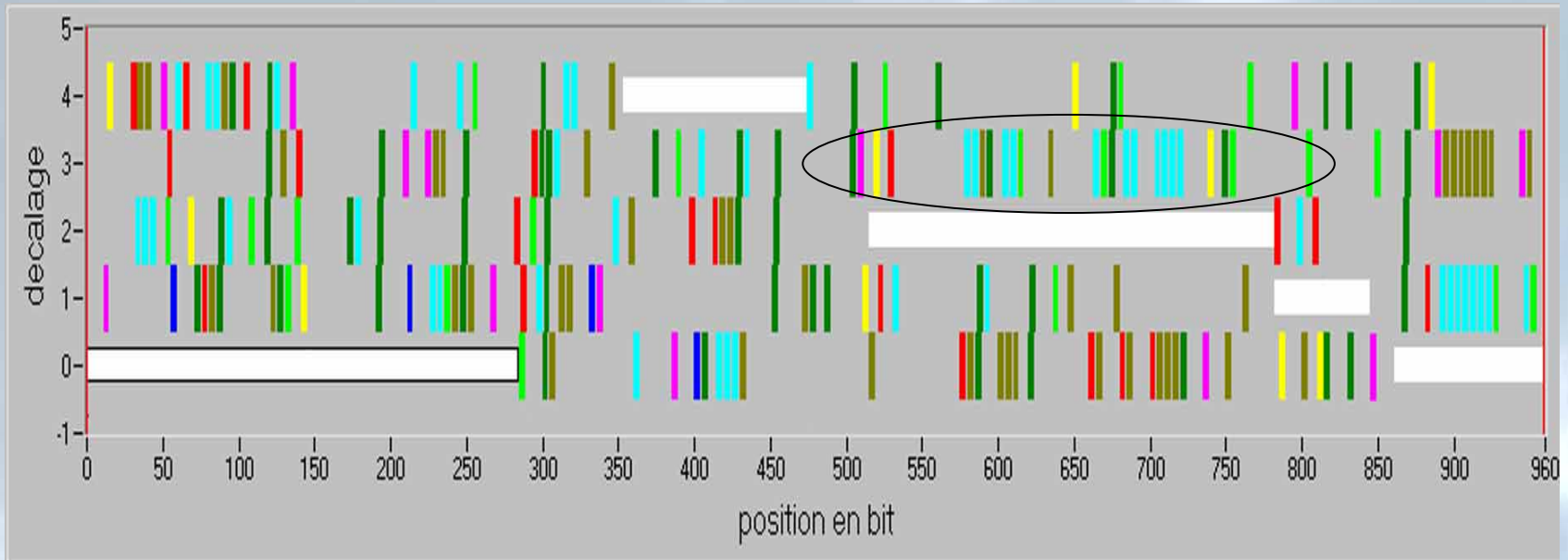
GCR errors for each offset



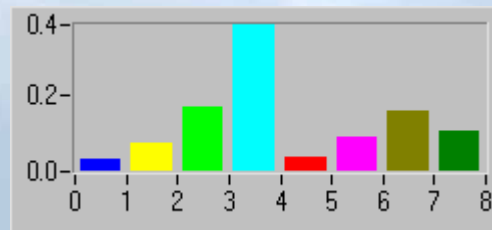
Which arguments can we use to decide the way to follow ?

Detection and localisation of errors

Application of the « likelihood algorithm »



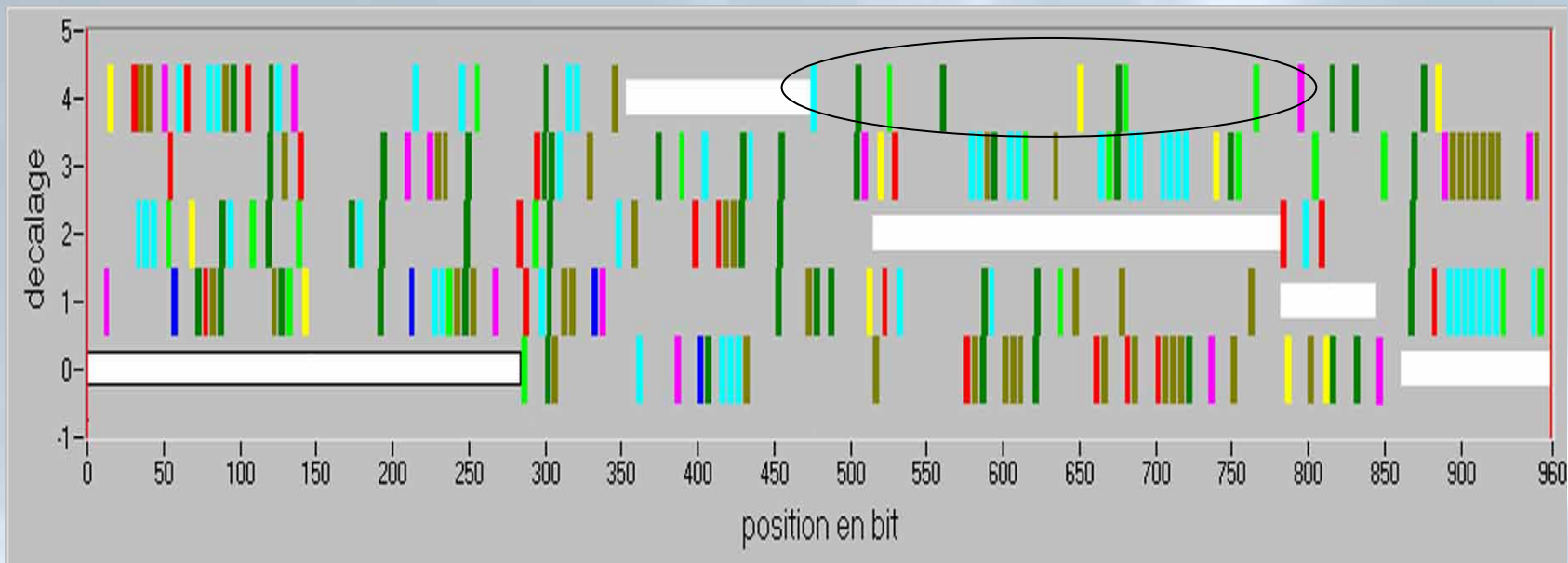
Offset +1



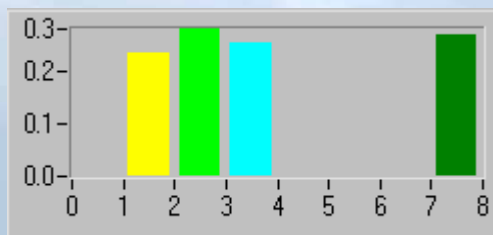
Error probability = 32 %

Detection and localisation of errors

Application of the « likelihood algorithm »



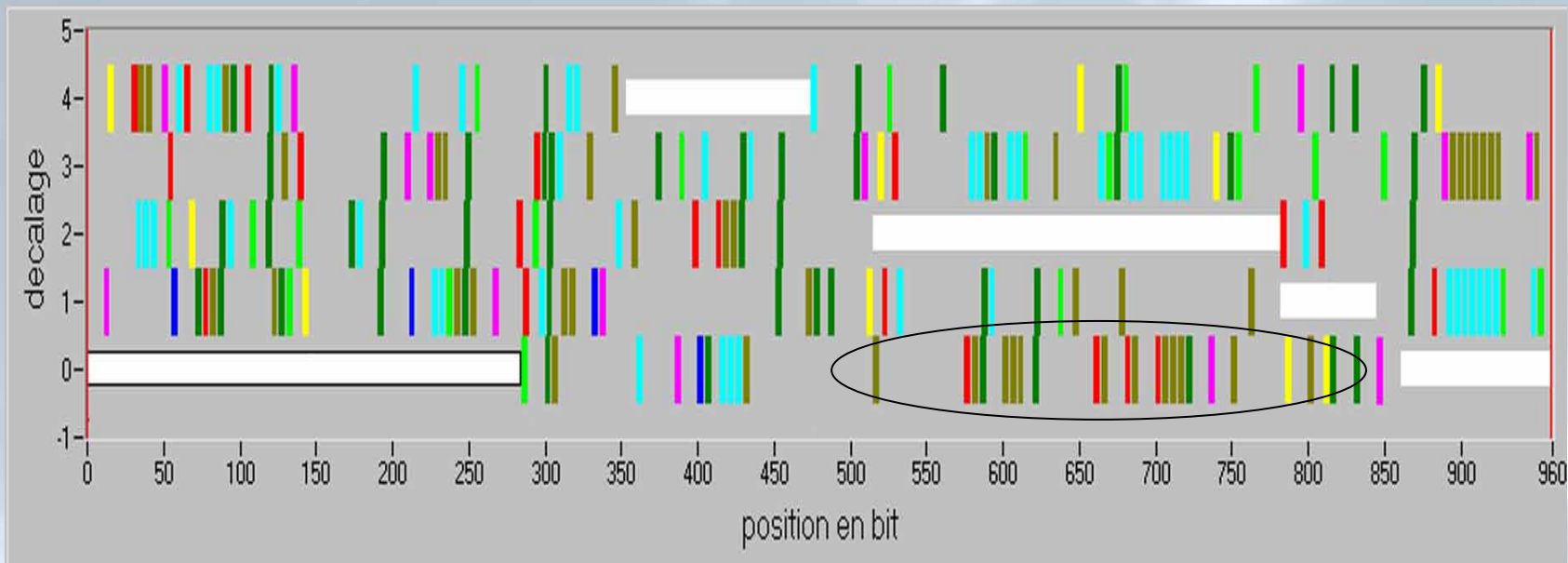
Offset +2



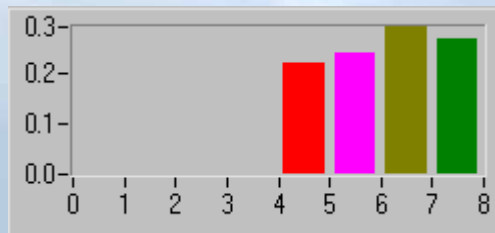
Error probability = 13 %

Detection and localisation of errors

Application of the « likelihood algorithm »



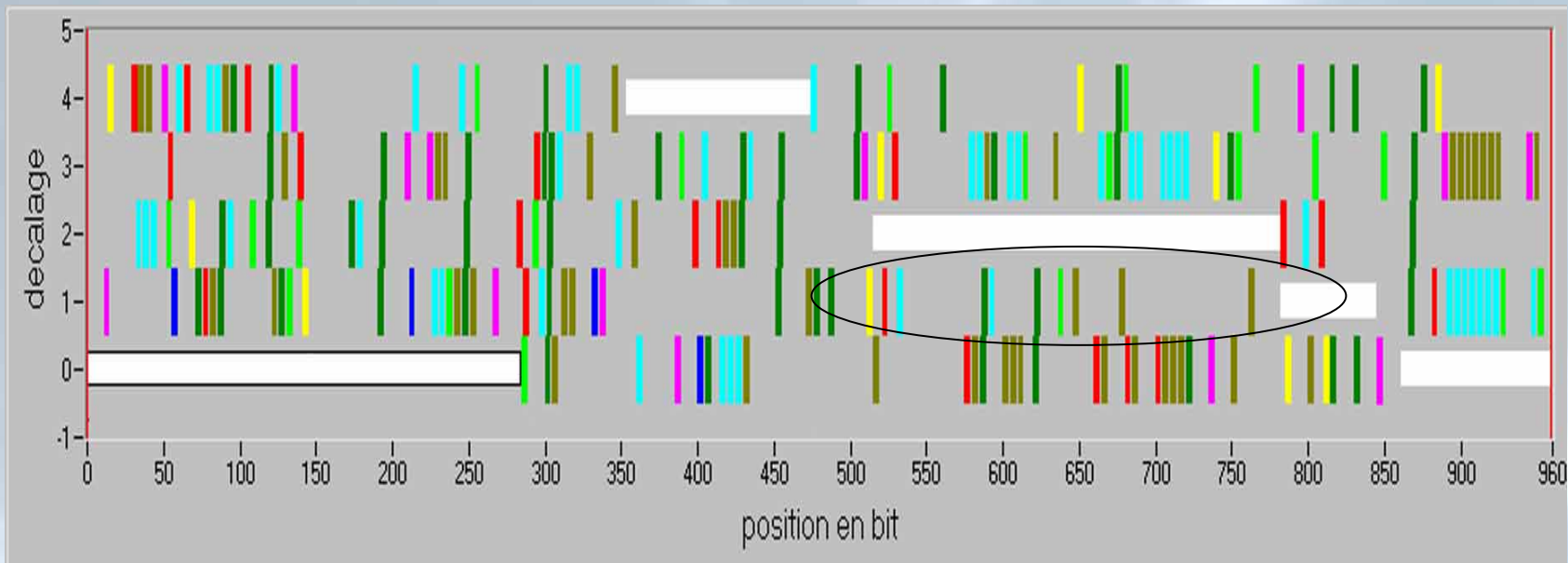
Offset +3



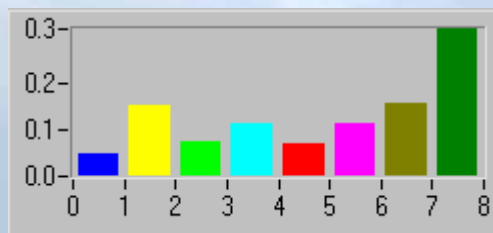
Error probability = 27 %

Detection and localisation of errors

Application of the « likelihood algorithm »



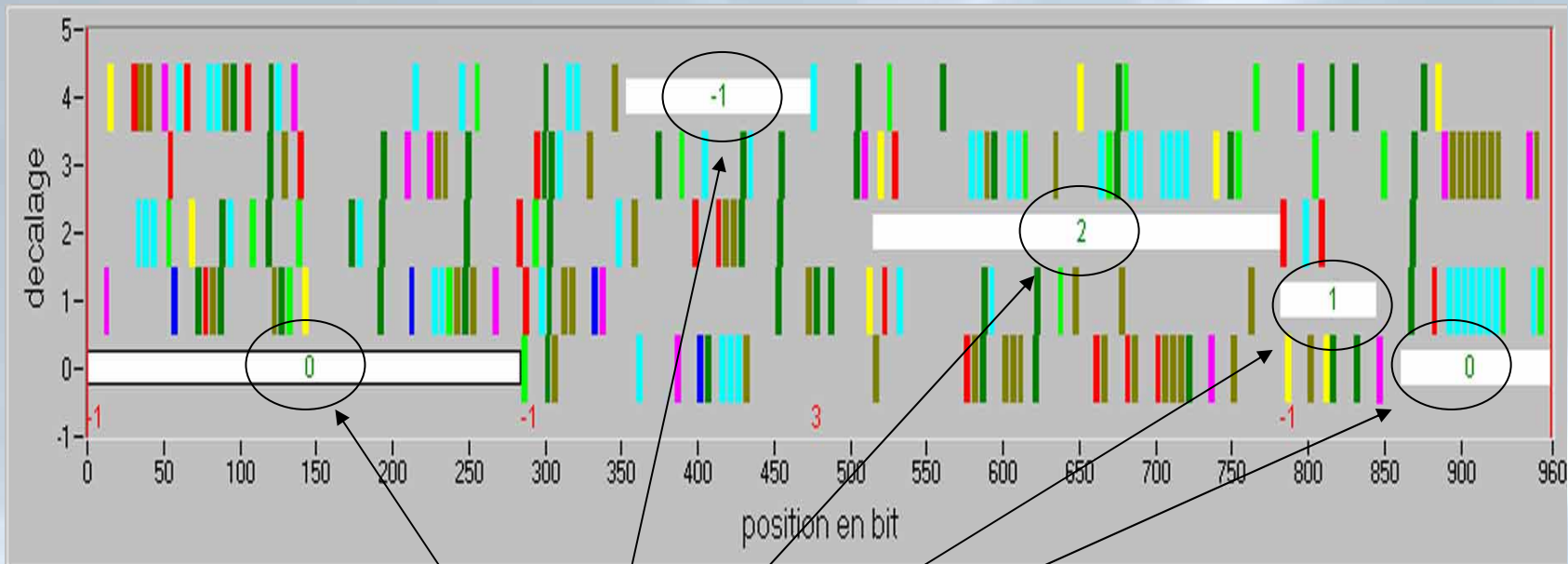
Offset +4



Error probability = 26 %

Detection and localisation of errors

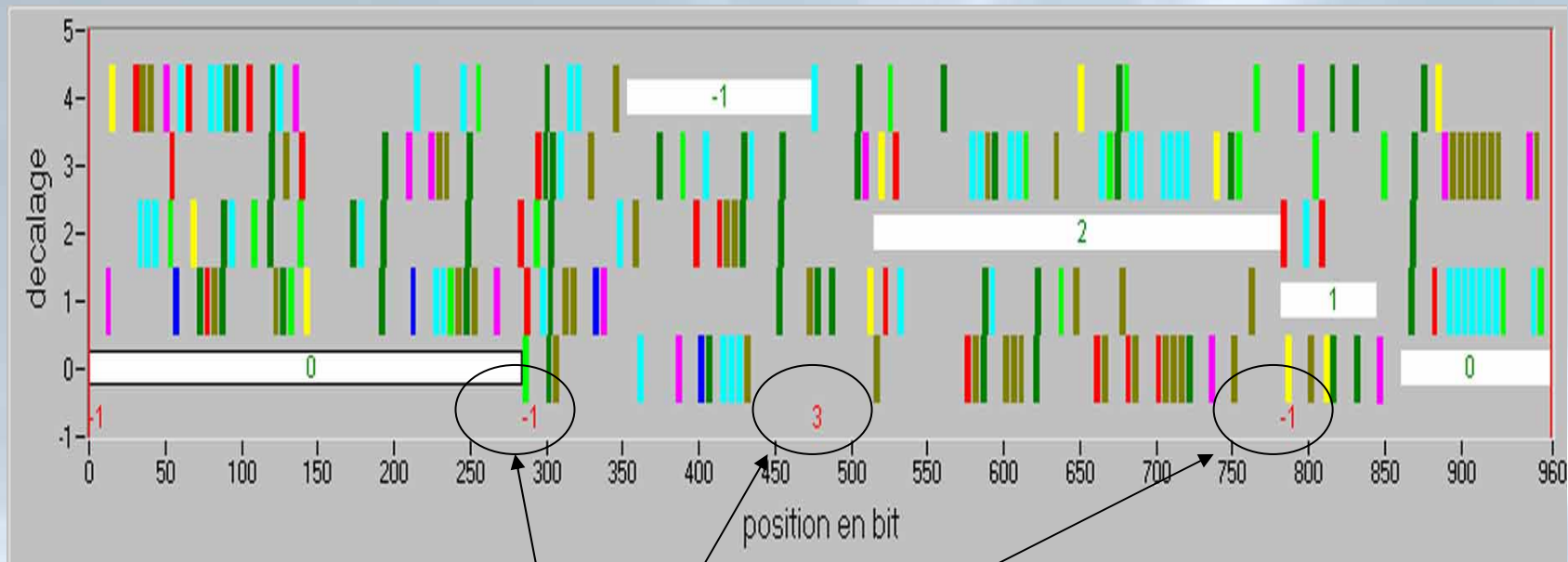
Searching offsets and real jumps in bits



Real offsets

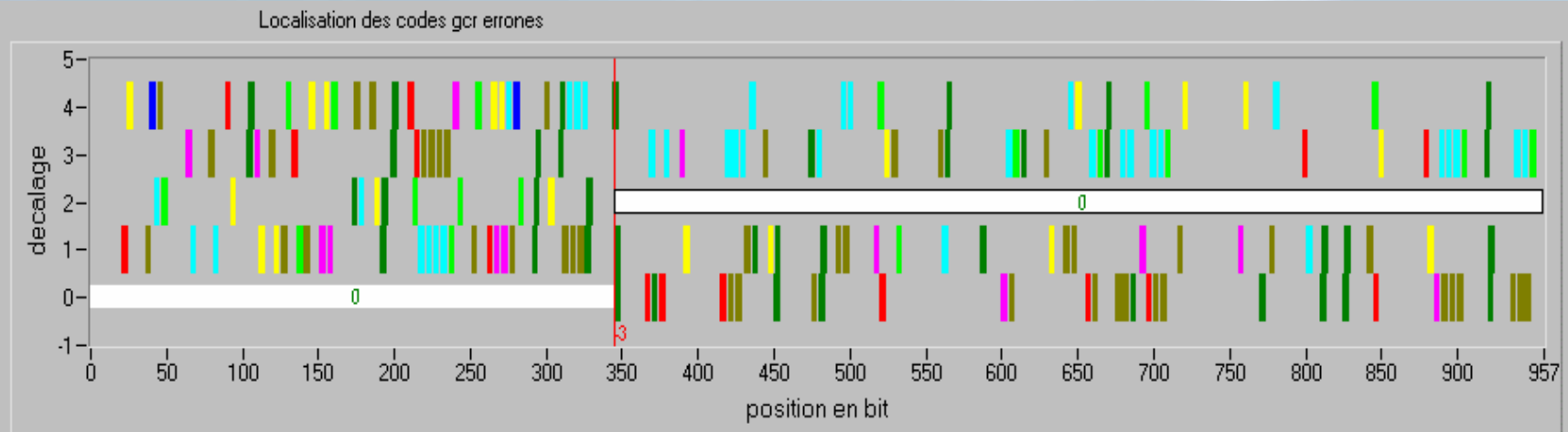
Detection and localisation of errors

Searching offsets and real jumps in bits



Detection and localisation of errors

Application

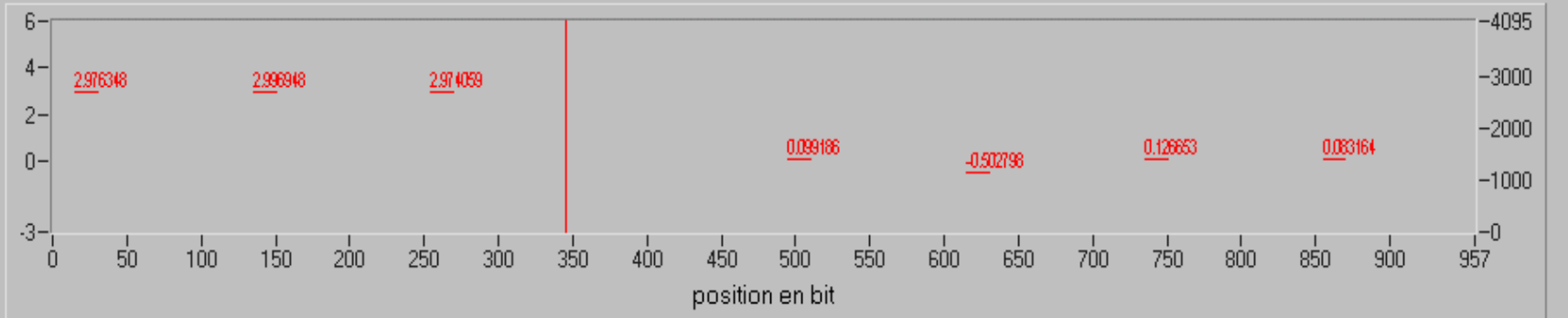


Supprimer **Zone Valide** 1 **Corriger** **Zone Erronee** 0

Debut 345 Decalage = 2 (5) Debut 345 Saut = 2 (5)
Fin 957 Decalage 0 Fin 345 Saut -3
Seuil 0.00 Critere 3.38 Type Bornes : vraisemblance

Sequence n° 48
Debut 3811 Longueur 957
Fin 4767 Erreur -3
Synchro debut : T3 Synchro fin : T4

Corrections
Nombre 0
Valeur 0
Somme sauts vrais : 0

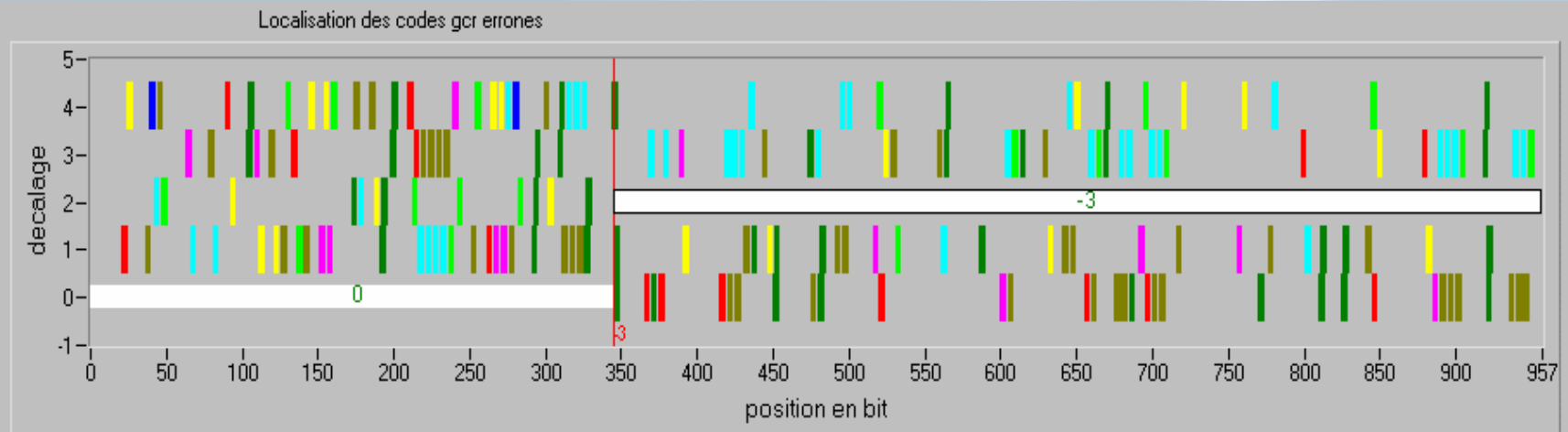


Parametre Gauche : Acc Vert **Appliquer Corrections** **Recalage_auto** **Annuler** Parametres : Valeurs Positions Parametre Droite : Synchro

Info **Sequence suivante** **Quitter** **Info**

Detection and localisation of errors

Application



Supprimer	Zone Valide 1	Corriger	Zone Erronee 0	Sequence n° 48	Corrections
Debut 345	Decalage = 2 (5)	Debut 345	Saut = 2 (5)	Debut 3811	Longueur 957
Fin 957	Decalage	Fin 345	Saut -3	Fin 4767	Erreur -3
Seuil 0.00	Critere 3.38	Type Bornes : vraisemblance		Synchro debut : T3	Synchro fin : T4
					Nombre 0
					Valeur 0
					Somme sauts vrais : 0



Parametre Gauche : Acc Vert

Info

Appliquer Corrections

Recalage_auto

Annuler

Sequence suivante

Quitter

Parametres :

Valeurs

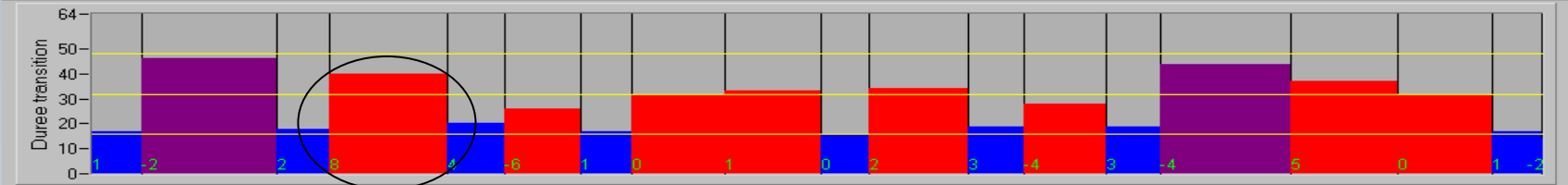
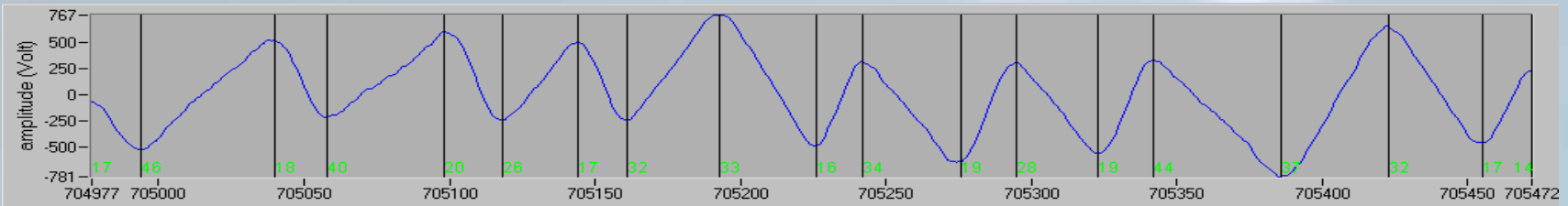
Positions

Parametre Droite : Synchro

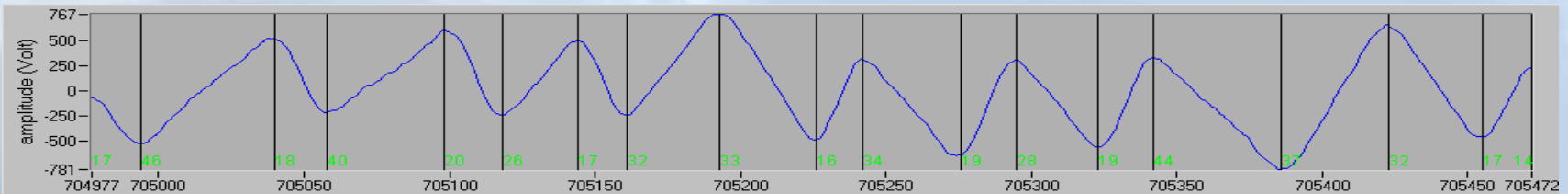
Info

Correction of errors

Method of the maximum of difference



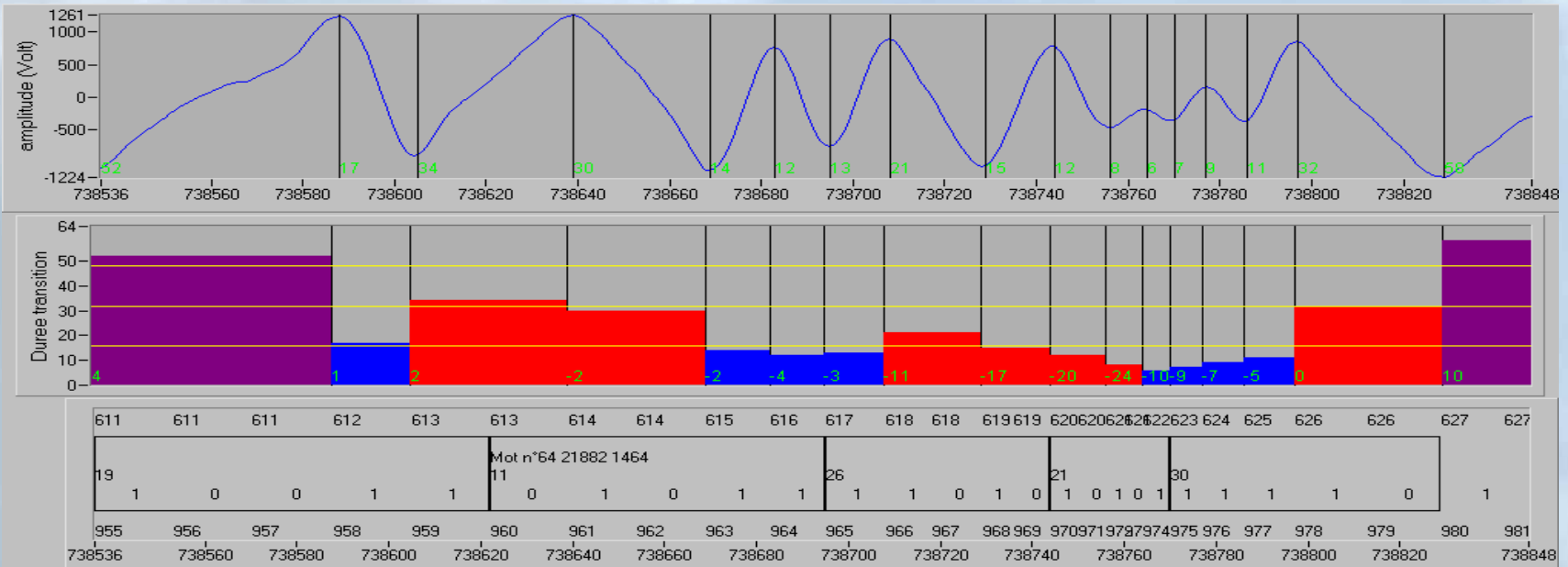
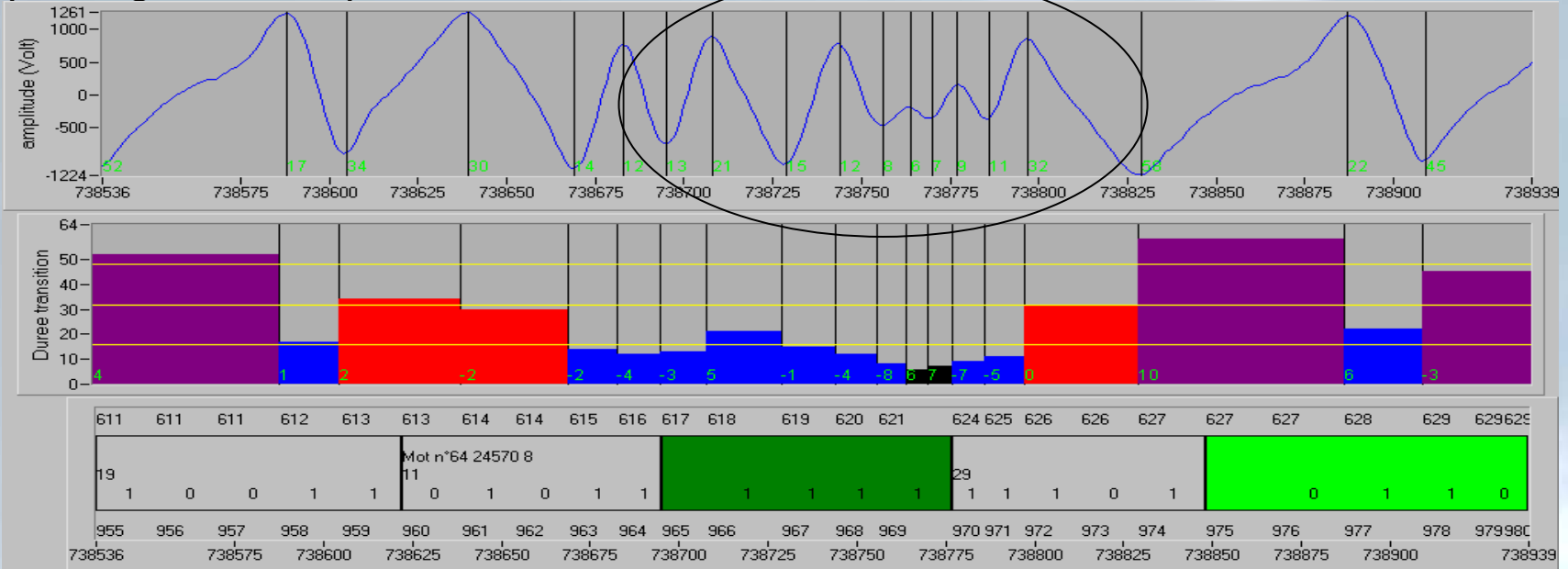
548	549	549	549	550	551	551	552	553	553	554	555	555	556	556	557	558	558	559	560	560	561	562	562	562	563	563	564	564	565	566		
					Mot n°51 28013 445																											
25	1	1	0	0	1	22	1	0	1	1	0	26	1	1	0	1	0	27	1	1	0	1	1	21				1	0	1	0	1
762	763	764	765	766	767	768	769	770	771	772	773	774	775	776	777	778	779	780	781	782	783	784	785	786	787	788	789	790	791	792		
704977	705000			705050			705100			705150			705200			705250			705300			705350			705400			705450	705472			



548	549	549	549	550	551	551	551	552	553	553	554	555	555	556	556	557	558	558	559	560	560	561	562	562	562	563	563	564	564	565				
					Mot n°51 23257 1632																													
25	1	1	0	0	1	19	1	0	0	1	1	13	0	1	1	0	1	13	0	1	1	0	1	22	1	0	1	1	0	10	0	1	0	1
762	763	764	765	766	767	768	769	770	771	772	773	774	775	776	777	778	779	780	781	782	783	784	785	786	787	788	789	790	791	792				
704977	705000			705050			705100			705150			705200			705250			705300			705350			705400			705450	705472					

Correction of errors

Updating of the bit period



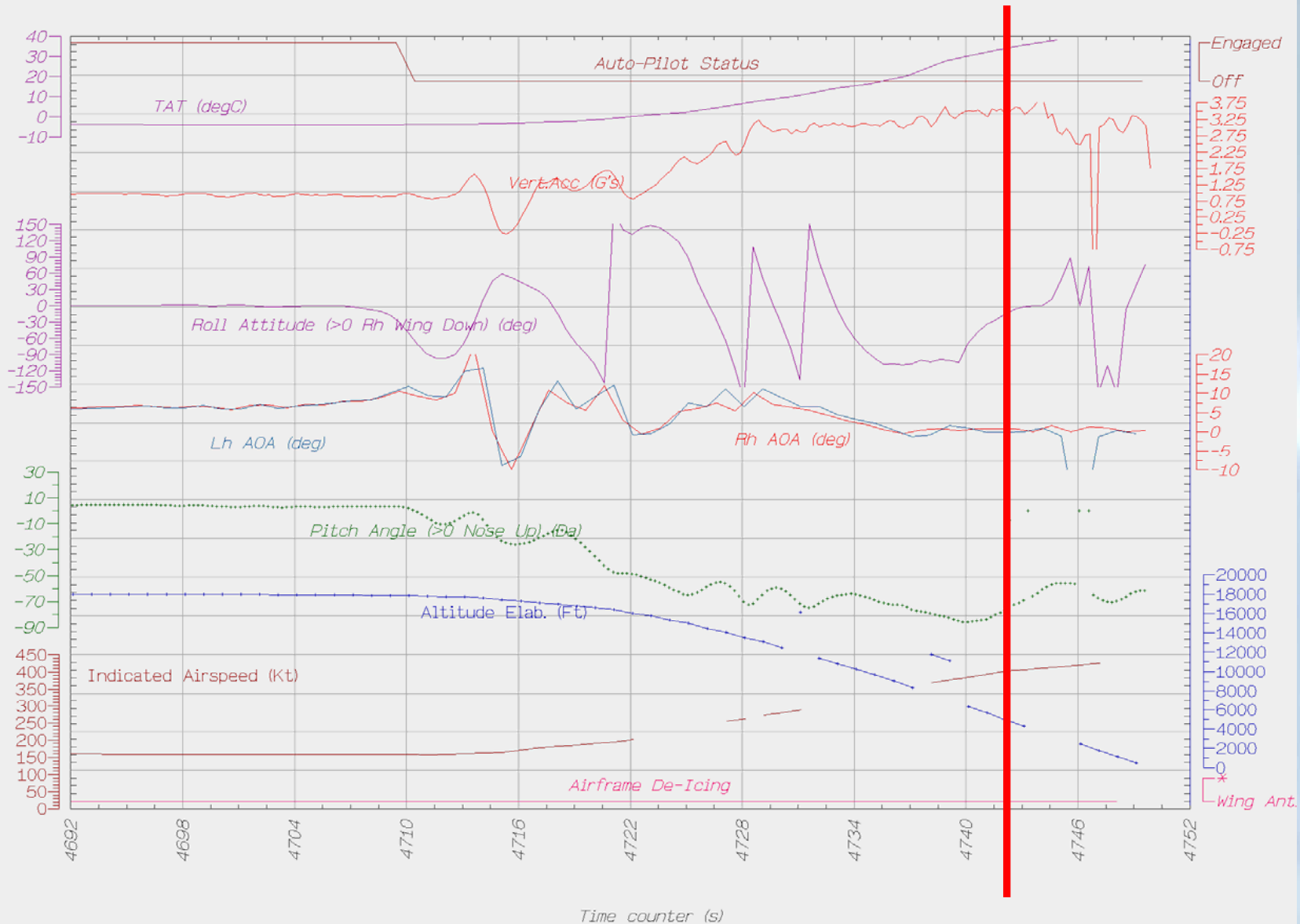
Correction of errors

Digital filter design and adaptativ processing

- Noise processing :
 Lowpass Bessel filter
- Correcting filter of the « entrefer effect »
- Adaptativ processing :
 Wiener filter

Correction of errors

Application on an international investigation



Conclusion

- GCR code is useful to detect and to localize the decoding errors
- Filter design and signal processing are helpful to correct errors
- Software designed improve the quality of data retrieval in the case of a defective magnetic recording

End of the presentation



附件二 飛航軌跡計算方法介紹簡報



**Bureau d'Enquêtes et d'Analyses
pour la Sécurité de l'Aviation Civile**



Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Flight path reconstruction from FDR data

**Guillaume AIGOIN, Safety Investigator
Engineering Department
guillaume.aigoin@bea-fr.org**

Accident Investigator Recorder Meeting - June 2004



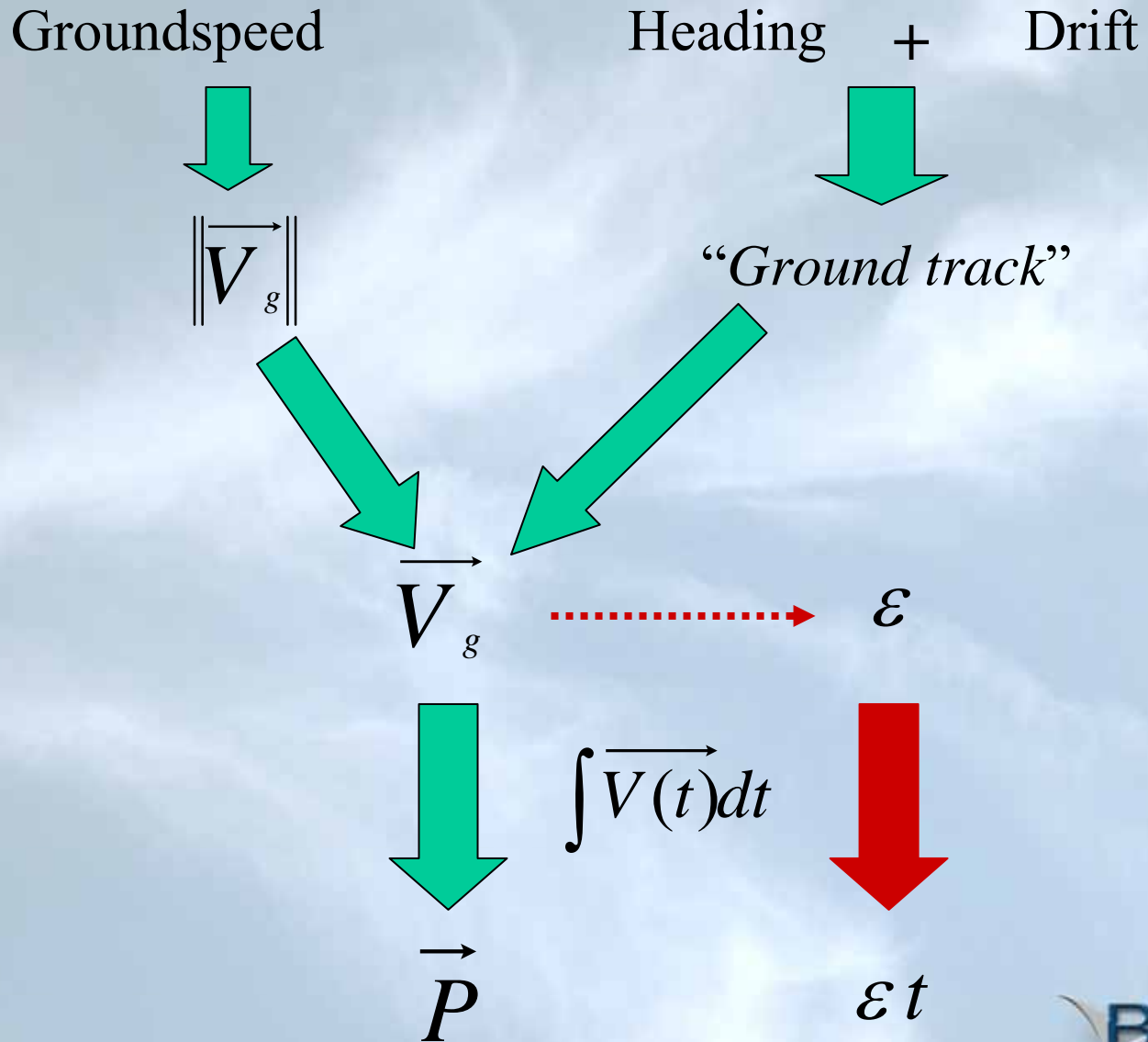
1. Computation principles : 3 methods
2. Advantages and drawbacks of each method
3. A Human Machine Interface: ***TRAJECTO***

Computation principle: the Inertial Reference System-based method 1/5

Needed parameters:

- Groundspeed
- Heading
- Drift angle
- (Pressure altitude)

Computation principle: the IRS-based method 2/5



Computation principle: the IRS-based method 3/5

Parameters sampled with period τ ...

Time-increasing method:

$$\overrightarrow{P}(n+1) = \overrightarrow{P}(n) + \tau \overrightarrow{V}(n)$$

Time-decreasing method:

$$\overrightarrow{P}(n-1) = \overrightarrow{P}(n) - \tau \overrightarrow{V}(n)$$

Estimates and corrections 1/2

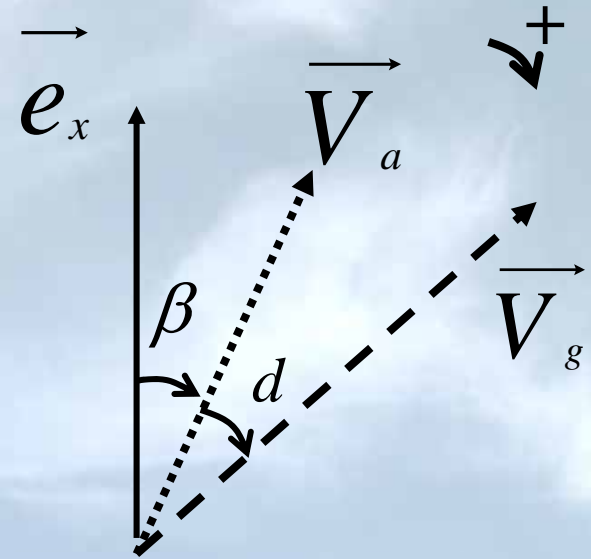
Ignore the sideslip angle

\vec{e}_x = fuselage unitary vector

\vec{V}_a = airspeed vector

\vec{V}_g = groundspeed vector

 $\beta \approx 0$

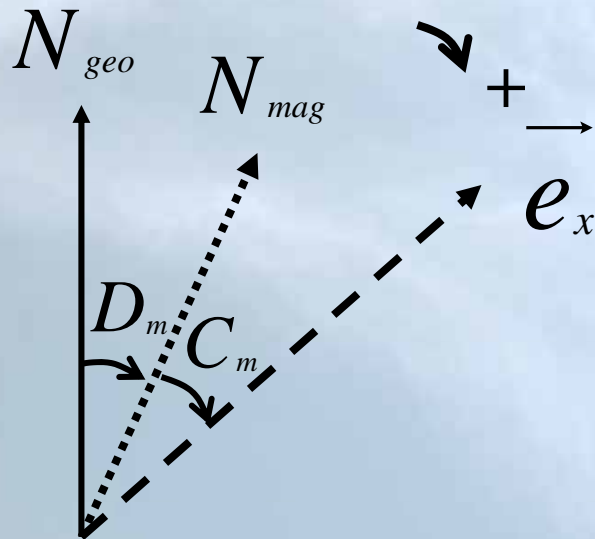


Estimates and corrections 2/2

Correct pressure-altitude: 28 ft/hpa at sea level

$$z_p^{true} = z_p^{fdr} + 28 \times (QNH - 1013.25)$$

Correct magnetic heading: magnetic declination



$$C_{geo} = C_m + D_m$$

Computation principle: the anemometric-based method 1/3

Needed parameters:

- Computed airspeed
- Heading
- Pressure altitude
- (SAT or TAT)
- (Wind speed and Wind direction)

Computation principle: the anemometric-based method 2/3

$$T(z) = T_0 - \lambda(z - z_0)$$

SAT TAT

CAS

Z

T

heading

$$TAS = \|\vec{V}_a\|$$

“air track”

$$\vec{W}(z) = f(\vec{W}(z_2), \vec{W}(z_1))$$

Wind Spd, Wind Dir

$$\vec{V}_a$$

$$\vec{W}$$

$$\vec{V}_g$$

$$\int \vec{V}(t) dt$$

$$\vec{P}$$

ϵ

$$\epsilon t$$



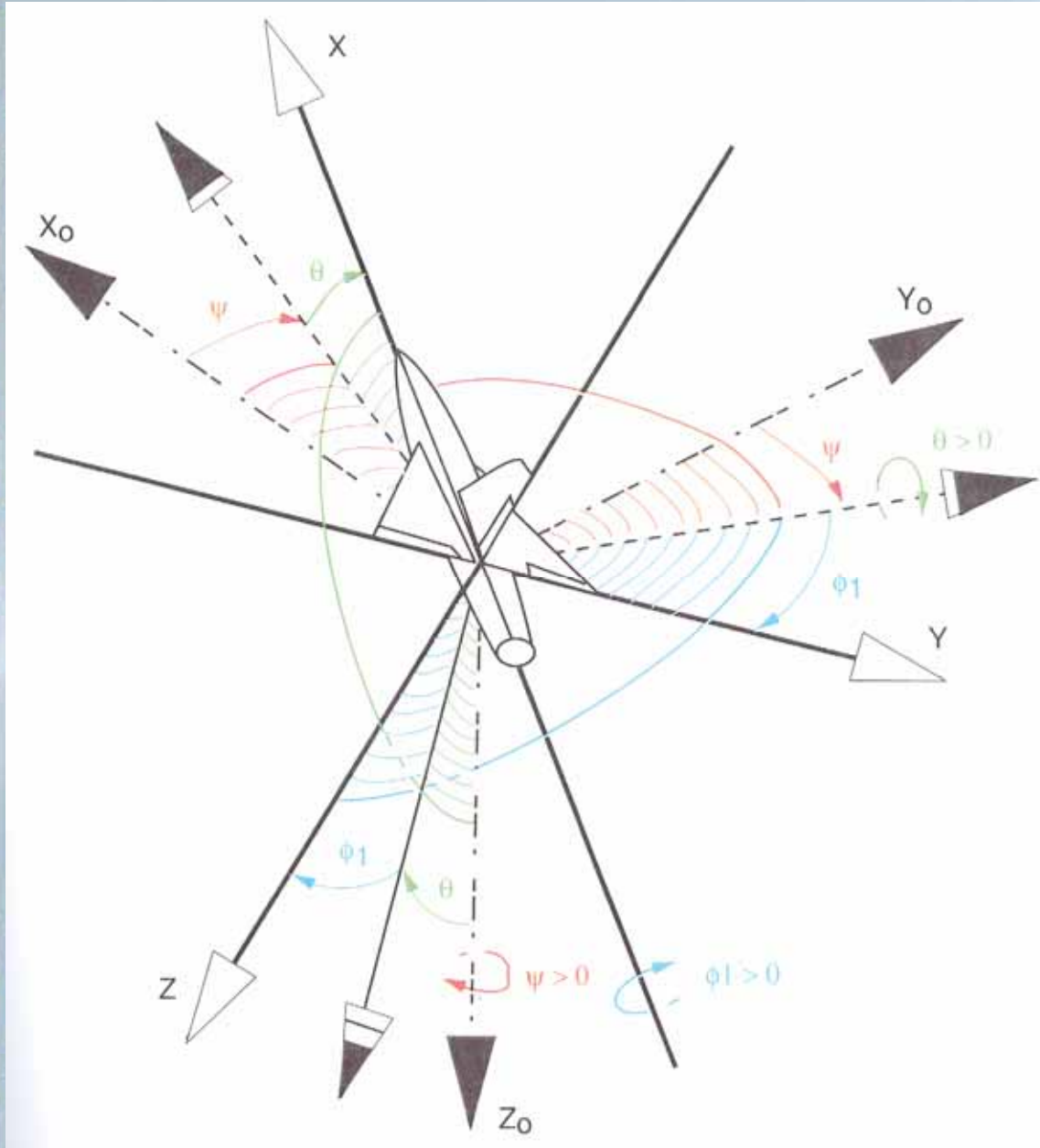
Estimates and corrections

- Ignore the sideslip angle
- Correct pressure-altitude (QNH)
- Correct magnetic heading (magnetic declination)

Needed parameters:

- Accelerations along the 3 axes
- Pitch attitude
- Roll attitude
- Heading

Computation principle: the accelerometer-based method 2/5



A/C reference
system

Transition Matrix

Roll
Pitch
Heading

Ground reference
system



Computation principle: the accelerometer-based method 3/5

Transition Matrix

- Acceleration in a/c reference system = Acceleration in ground reference system

$$\begin{array}{ccc} \vec{A}_{a/c} & = & \vec{A}_g \\ \downarrow \int \vec{A}(t) dt & & \downarrow \epsilon \\ \vec{V}_g & & \epsilon t \\ \downarrow \int \vec{V}(t) dt & & \downarrow \\ \vec{P} & & 0.5 \epsilon t^2 \end{array}$$

$$0.5 \epsilon t^2$$

Estimates and corrections 1/2

Correct the acceleration bias ?

Consider a stabilized flight phase in cruise...

→ 1 force applying = *weight*

A/C
reference
system

$$\vec{A}_{fdr} + \delta A$$

recorded
acceleration

bias

$$= M_{g \rightarrow a/c}$$

Transition
matrix

$$\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}$$

Ground
reference
system

weight

Estimates and corrections 2/2

- Correct magnetic heading (magnetic declination)
- Estimate an initial “*Groundspeed vector*”
= Initial groundspeed, track and V_z

Comparative advantages and drawbacks

Method	+	-
IRS	<ul style="list-style-type: none">•Reliable parameters•Error growth is linear	<ul style="list-style-type: none">•Sideslip ignored
anemometric	<ul style="list-style-type: none">•Parameters always recorded•Error growth is linear	<ul style="list-style-type: none">•CAS not valid at low speed•Sensitive to temperature and wind information•Sideslip ignored
accelerometric	<ul style="list-style-type: none">•No sideslip problem, best on short-term	<ul style="list-style-type: none">•Error growth parabolic•Very sensitive to acceleration bias estimation•Need initial groundspeed vector

Which method choose ?

Make the list of available information

Check limiting factors

- Time range of the computation
- Validity interval of your parameter

Assume the dynamic behavior of the a/c

A Human Machine Interface: TRAJECTO (1/9)

TRAJECTO : Trajectoire Inertielle [_] [□] [X]

Trajecto... Calculer... Tracer... Aide... Remarques et Bugs...

Temps choisi:

Plage de Temps T initial: T final:

Choix des paramètres

<input type="checkbox"/>	Groundspeed:	Ground Speed	pas=1.0000 s
<input type="checkbox"/>	Mag. Heading:	Heading	pas=1.0000 s
<input type="checkbox"/>	Sideslip/Drift Angle:	Drift Angle	pas=4.0000 s <input type="text" value="?"/>
<input type="checkbox"/>	<i>Press. Altitude:</i>	<i>Altitude_Elab_Trajecto</i>	pas=4.0000 s
<input type="checkbox"/>	Paramètre:	Nouveau paramètre	pas= X.XXXXX s
<input type="checkbox"/>	Paramètre:	Nouveau paramètre	pas= X.XXXXX s

Interpolation des paramètres effectuée entre T= 3.883 et T= 497.727

Pas de calcul de la trajectoire:

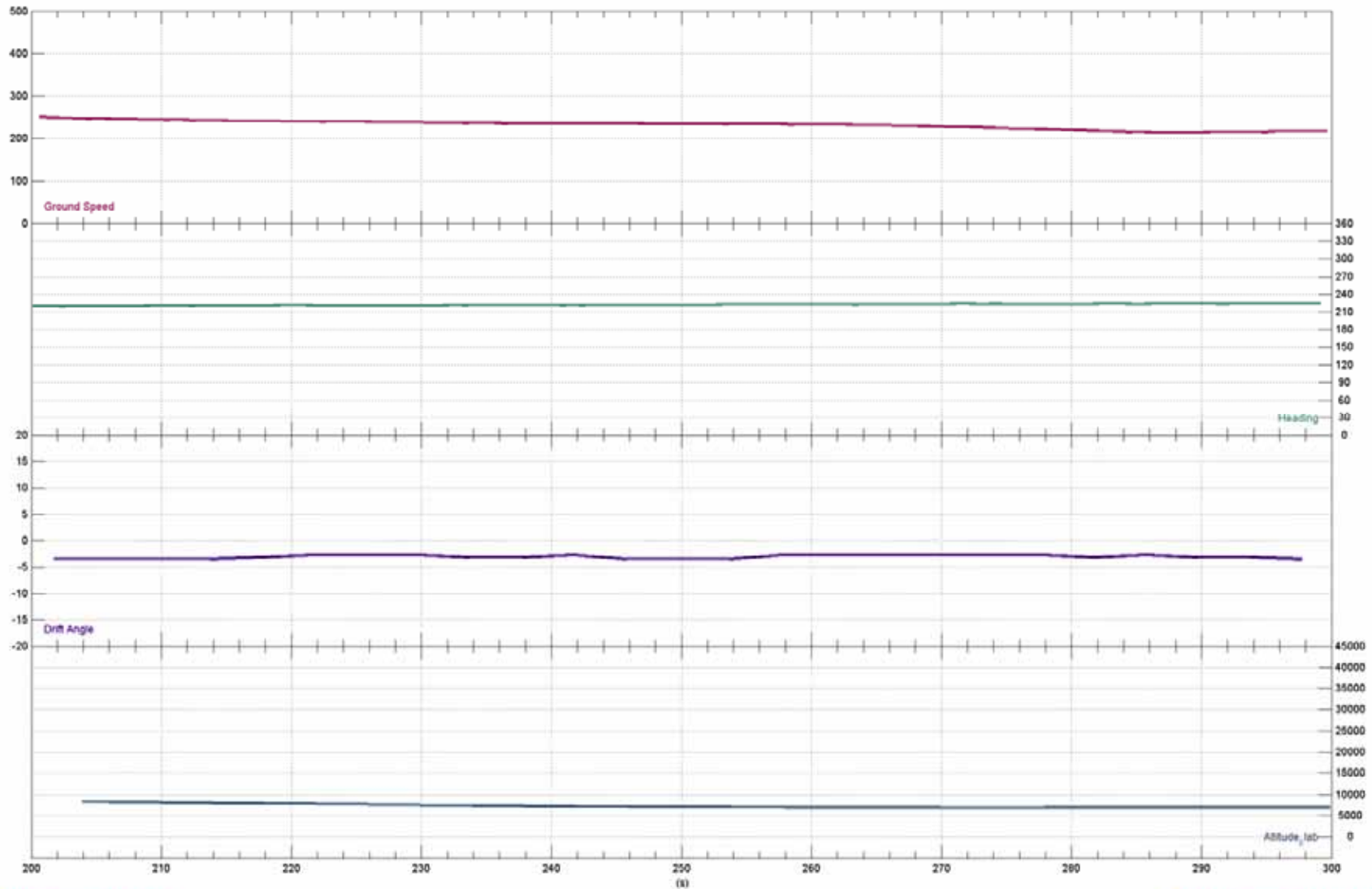
Fichier Trajectoire:

Titre:

Dimension:

A Human Machine Interface: TRAJECTO (2/9)

Are these parameters OK ?



A Human Machine Interface: **TRAJECTO** (3/9)

*** Trajectoire Inertielle ***

Système de coordonnées: (Xest; Ynord; Zhaut)

Unité: m ? Intégration: En temps croissant (t0=instant initial)

X(t0) en m:	500	?	QNH (hPa):	1017	?
Y(t0) en m:	-20		Déc. Magnétique (°):	-2	?

< Retour Calculer

A Human Machine Interface: **TRAJECTO** (4/9)

*** Trajectoire Inertielle ***

Système de coordonnées: (Longitude; Latitude; Altitude)

Intégration: En temps décroissant (t0=instant final)

Longitude(t0): e000d00m00.00 ?

Latitude(t0): n00d00m00.00 ?

QNH (hPa): ?

Déc. Magnétique (*): ?

A Human Machine Interface: TRAJECTO (5/9)

*** Trajectoire Anémométrique ***

Système de coordonnées:

Unité: ? Intégration:

X(t0) en nm: ? QNH (hPa): ?

Y(t0) en nm: ? Déc. Magnétique (°): ?

Température: TAT ?

Vent: ?

Z vrai(ft)	Direction (°)	Force (kt)
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="120"/>	<input type="text" value="10"/>
<input type="text" value="10000"/>	<input type="text" value="100"/>	<input type="text" value="30"/>
<input type="text" value="20000"/>	<input type="text" value="105"/>	<input type="text" value="35"/>
<input type="text" value="30000"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>
<input type="text" value="40000"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>
<input type="text" value="50000"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>

A Human Machine Interface: **TRAJECTO** (6/9)

*** Trajectoire Anémométrique ***

Système de coordonnées: [Xest; Ynord; Zhaut]

Unité: [nm] [?] Intégration: [En temps croissant (t0=instant initial)]

X(t0) en nm: [11.2] [?] QNH (hPa): [1010.5] [?]
Y(t0) en nm: [2.6] [?] Déc. Magnétique (*): [1.5] [?]

Température: [Modèle de décroissance de température]

A l'altitude Z(ft)= [1500] La température statique SAT(*C)= [25] [?]

Vent: [Paramètre de vent (Direction et Vitesse)] [?]

< Retour Calculer

A Human Machine Interface: **TRAJECTO** (7/9)

*** Trajectoire Accélérométrique ***

Système de coordonnées: (Xest; Ynord; Zhaut)

Unité: m ? Intégration: En temps décroissant (t0=instant final)

X(t0) en m:	100	?	GroundSpeed(t0) en kt:	90
Y(t0) en m:	150		Route(t0) en deg:	175
Z(t0) en ft:	-200		Vz(t0) en ft/min:	1000

Biais:

Accél. Longi.	0	?	Déc. Magnétique (*):	-2	?
Accél. Lat.	0	?			
Accél. Norm.	0	?			

Calcul Automatique

< Retour Calculer

A Human Machine Interface: TRAJECTO (8/9)

*** Biais accélérométriques : recherche d'une période de vol calme ***

Temps choisi: Recherche en:

Recherche à partir de t= Durée de la période= ?

Variation du cap sur la période (en °) < ?

Assiette longitudinale sur la période (°) : Min > et Max <

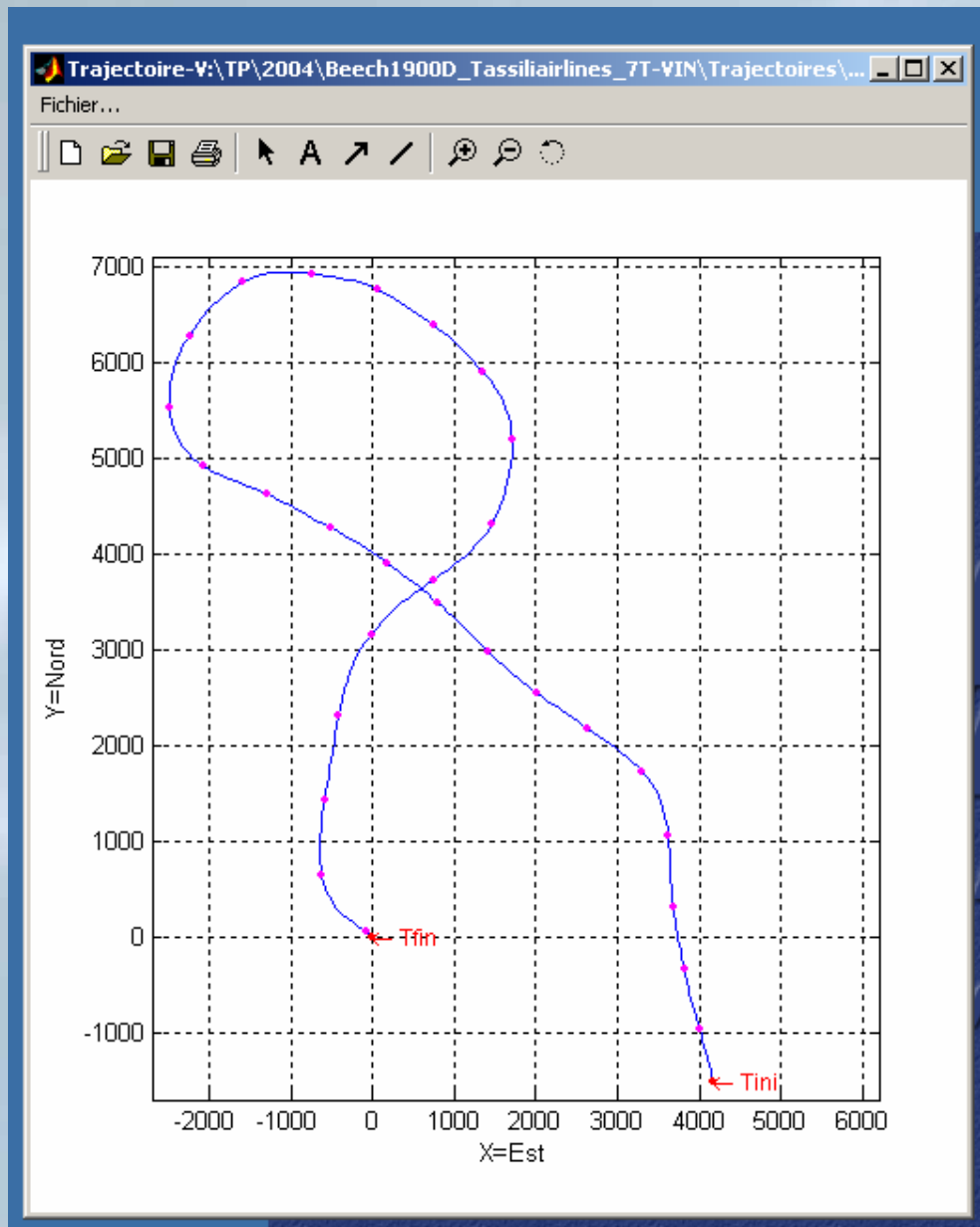
Variation de l'assiette longitudinale sur la période (°) < ?

Assiette latérale sur la période (°) : |Max| < ?

Variation de l'assiette latérale sur la période (°) < ?

Accélération (g) :	Variations < à :	Ecart-type < à :
Longitudinale :	<input type="text" value="0.015"/>	<input type="text" value="0.002"/>
Latérale :	<input type="text" value="0.020"/>	<input type="text" value="0.003"/>
Normale :	<input type="text" value="0.060"/>	<input type="text" value="0.005"/>

A Human Machine Interface: **TRAJECTO** (9/9)



End of presentation
thank you for your attention !



附件三 雷達軌跡計算方法介紹簡報



**Bureau d'Enquêtes et d'Analyses
pour la Sécurité de l'Aviation Civile**



Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Using radar data for computation of flight parameters

Guillaume AIGOIN, Safety Investigator

Engineering Department

guillaume.aigoin@bea-fr.org

Accident Investigator Recorder Meeting - June 2004



Syllabus

1. Origin and limitation of radar data
2. Assessing error on radar position
3. Assessing error on ground speed vector
4. Computing further derived parameters

When are radar data needed ?

- In light aviation accident
- FDR is not recovered

Extract as much information as possible...

... validity of this information ?

Origin and limitations of RADAR data 2/5

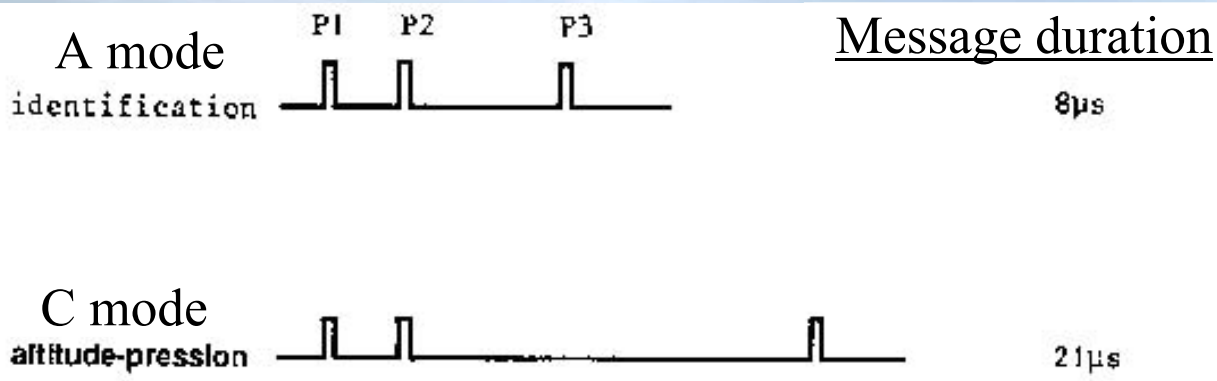
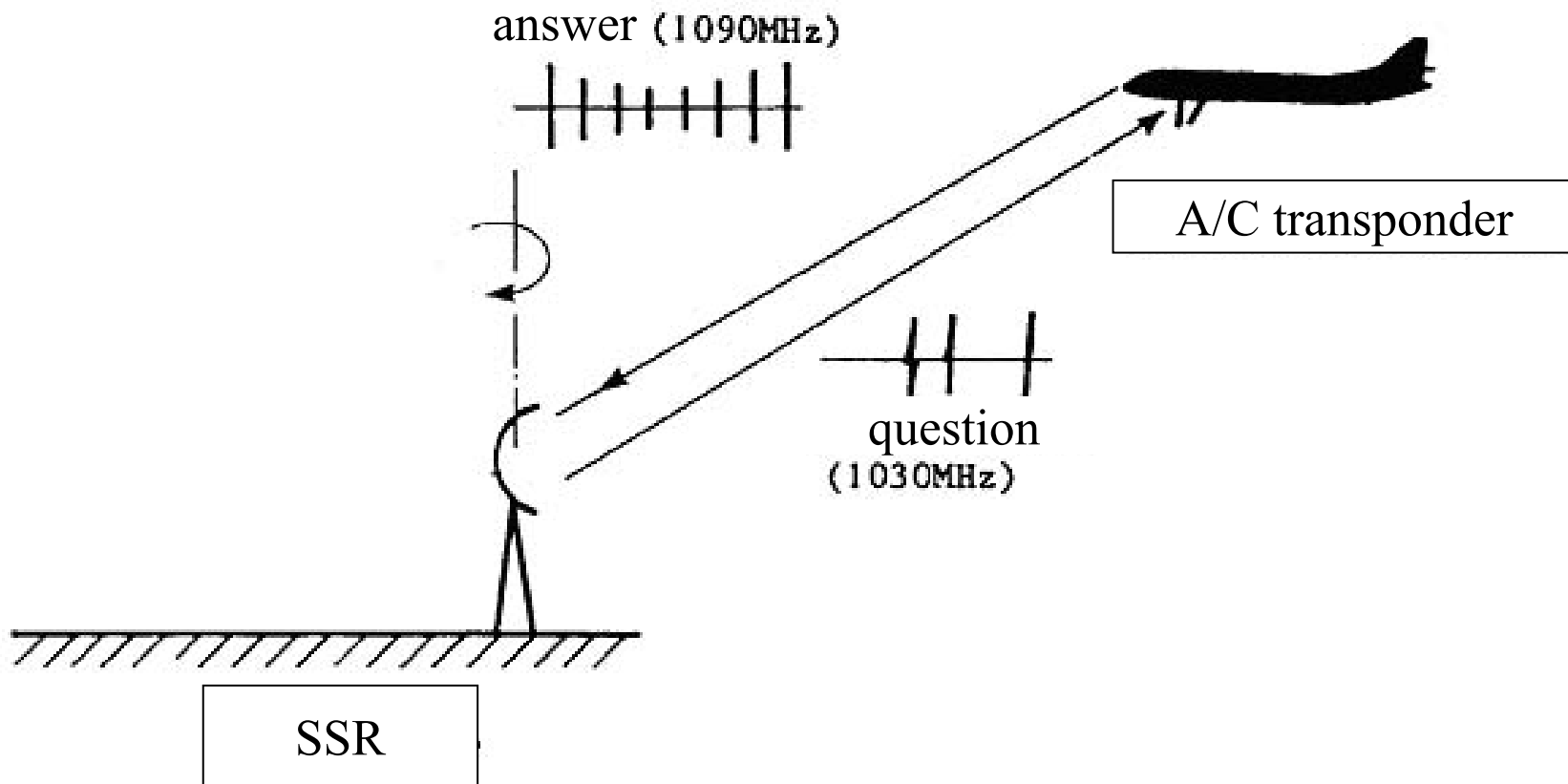
RADAR=RAdio Detection And Ranging

- Radial distance ρ
- Bearing θ

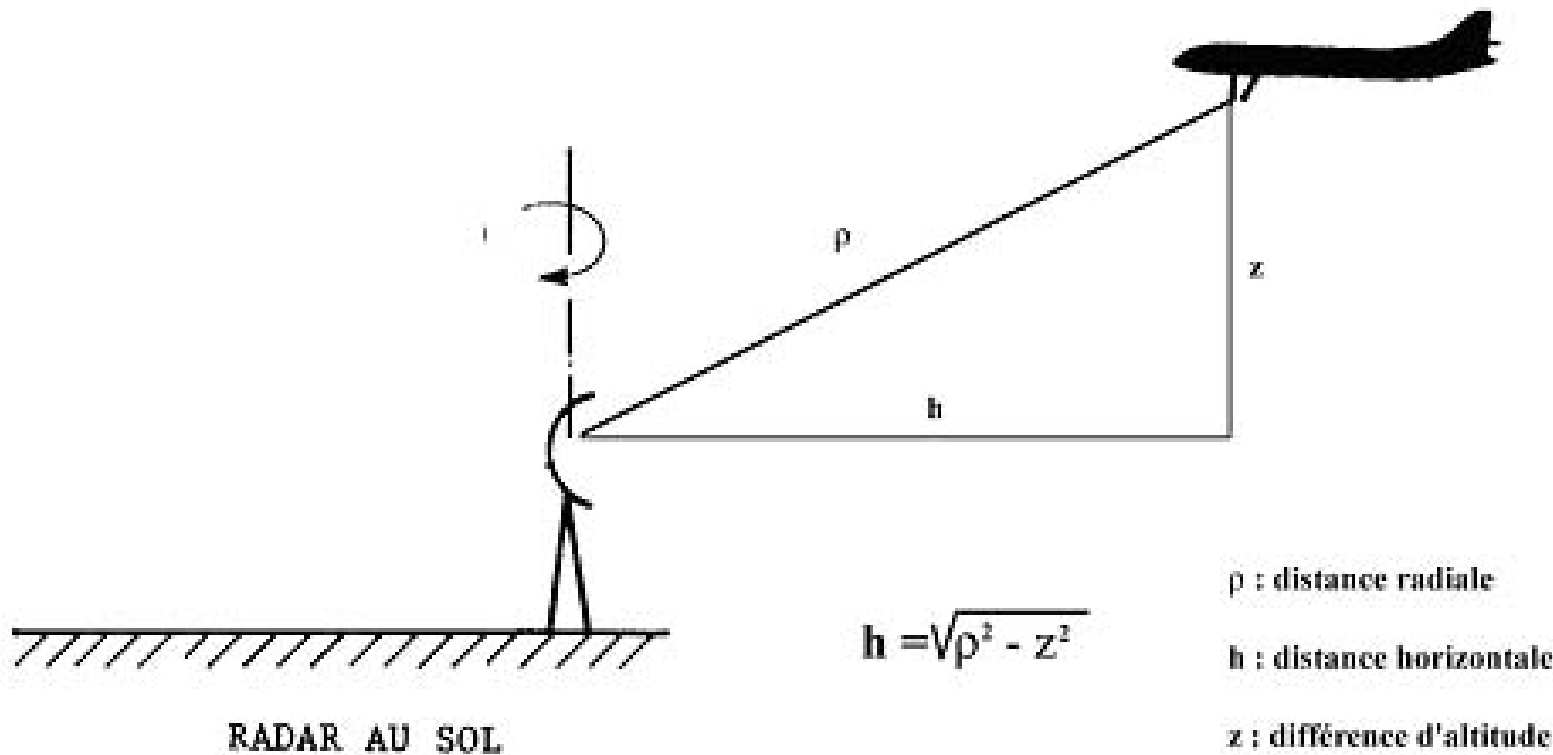
Choose between several sources:

- Primary Surveillance Radar (PSR)
- Secondary Surveillance Radar (SSR) Choose closest to the a/c
- Multi-Radar Data Processing System (MRDPS)

Origin and limitations of RADAR data 3/5



Origin and limitations of RADAR data 4/5



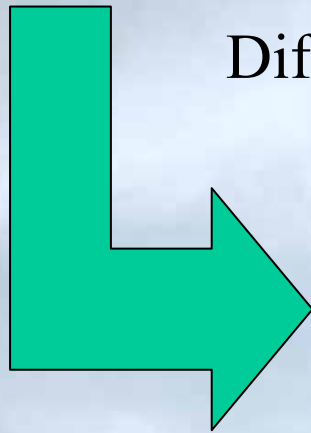


BEA

Assessing the RADAR position error 1/3

Ground reference system (Oxyz):

$$\begin{cases} x = \sqrt{\rho^2 - z^2} \sin(\theta) \\ y = \sqrt{\rho^2 - z^2} \cos(\theta) \end{cases}$$



Differential computation

$$\begin{cases} \Delta x = \frac{\rho \Delta \rho + z \Delta z}{\sqrt{\rho^2 - z^2}} |\sin(\theta)| + \sqrt{\rho^2 - z^2} |\cos(\theta)| \Delta \theta \\ \Delta y = \frac{\rho \Delta \rho + z \Delta z}{\sqrt{\rho^2 - z^2}} |\cos(\theta)| + \sqrt{\rho^2 - z^2} |\sin(\theta)| \Delta \theta \end{cases}$$

Assessing the RADAR position error 2/3

$$\Delta\rho = 70m$$

$$\Delta\theta = 0.08^\circ$$

$$\Delta z = 50 ft$$

(nm)	($^\circ$)	z (ft)	x (m)	y (m)
3	45	1500	56	56
3	0	1500	8	71
30	45	2000	104	104
30	45	30000	106	106
70	45	30000	178	178
200	45	30000	415	415

Conclusions:

Will not do better than $\Delta\rho$

“The closer, the better”

Beyond $\rho=30$ nm, limiting factor is $\Delta\theta$

Beyond $\rho=30$ nm, z has no significant influence

Assessing the error on groundspeed vector 1/3

Groundspeed in (Oxy)

$$V_n^g = \frac{\sqrt{(x_{n+1} - x_n)^2 + (y_{n+1} - y_n)^2}}{\tau} \quad \longrightarrow \quad \Delta V_n^g = \frac{2\sqrt{\Delta x_n^2 + \Delta y_n^2}}{\tau}$$

Groundspeed vector

$$\vec{V}^g(n; n+1) = \frac{1}{\tau} \begin{pmatrix} x_{n+1} - x_n \\ y_{n+1} - y_n \\ z_{n+1} - z_n \end{pmatrix}$$

Vertical speed

$$V_n^z = \frac{z_{n+1} - z_n}{\tau} \quad \longrightarrow \quad \Delta V_n^z = 2 \frac{\Delta z}{\tau}$$

$$\psi_n = \arctan \left(\frac{x_{n+1} - x_n}{y_{n+1} - y_n} \right)$$

$$\Delta \psi_n = 2 \frac{|x_{n+1} - x_n| \Delta y_n + |y_{n+1} - y_n| \Delta x_n}{(x_{n+1} - x_n)^2 + (y_{n+1} - y_n)^2}$$

Ground track

Assessing the error on groundspeed vector 2/3

$$\Delta\rho = 70m$$

$$\Delta\theta = 0.08^\circ$$

$$\Delta z = 50 ft$$


$$\begin{cases} x_{n+1} - x_n = 300 \\ y_{n+1} - y_n = 1200 \end{cases} \quad (V^g = 300kt)$$

(nm)	(°)	z (ft)	(s)	V ^g (kt)	(°)	ΔV ^z (ft/min)
3	45	1500	8	38	6	750
3	45	1500	4	76	13	1500
30	45	30000	8	72	12	750
30	45	2000	8	72	12	750
70	45	30000	8	122	20	750

Assessing the error on groundspeed vector 3/3

Conclusions:

ΔV^g , Δ and ΔV^z : so high !

Increase the sampling rate...  Increase uncertainties!

ΔV^g , Δ : not sensitive to z

ΔV^z : depends only on sampling rate

Computing further derived parameters

• Acceleration



$$\vec{A} = \frac{d\vec{V}}{dt}$$

• Turn rate



$$\Omega = \frac{d\psi}{dt}$$

• Bank angle



$$\tan(\phi) = V * \Omega$$

• Angle of attack...



Parameters computed from derived parameters...

Be careful with the computation of derived parameters

End of presentation
thank you for your attention!



全文完