



© Jean-Claude Pistoresi 'Mangueira'

Curso nº10

Sistema de controlo automatizado do tráfego aéreo

Um sistema de controlo automatizado do tráfego aéreo tem por objetivo ajudar o controlador aéreo a preencher a sua missão de controlo. Este sistema é composto de vários subsistemas eletrônicos e informáticos interconectados.

Sumário

- **1 Os contextos do sistema de controlo**
- **2 missões do sistema de controlo**
- **3 atores externos ao sistema de controlo**
- **4 serviços prestados pelo sistema de controlo**
 - **4.1 Serviço de vigilância do espaço aéreo**
 - **4.1.1 Captores de vigilância**
 - **4.1.1.1 Radar primário**
 - **4.1.1.2 Radar secundário**
 - **4.1.1.3 Multilateração**
 - **4.1.1.4 ADS-C**
 - **4.1.1.5 ADS-B**
 - **4.1.2 Sistemas de continuação**
 - **4.1.2.1 Sistema à mosaicos**
 - **4.1.2.2 Sistema de fusão multi pistas**
 - **4.1.2.3 Sistema de fusão multi ligações do contacto**
 - **4.1.2.4 ARTAS**
 - **4.1.3 Correlação**
 - **4.1.4 Sistemas de visualização**

- 4.1.5 Serviço de vigilância solo
- 4.2 Serviço de tratamento dos Planos de Vôo
 - 4.2.1 O depósito do plano de vôo
 - 4.2.2 A previsão de trajetória
 - 4.2.3 A gestão dos códigos transpondeur
 - 4.2.4 Os estados do plano de vôo
 - 4.2.5 A modificação de plano de vôo
 - 4.2.6 A distribuição do plano de vôo
- 4.3 Ajuda ao controlo
 - 4.3.1 Serviço de ajuda à gestão das chegadas partidas
 - 4.3.2 Serviço de ajuda à detecção de conflitos
- 4.4 Outros serviços
- 5 Em França
 - 5.1 CAUTRA
 - 5.2 Cinco centros em estrada
 - 5.3 A região parisiense
 - 5.4 As grandes aproximações
- 6 Relações externas

Os contextos do sistema de controlo

Um sistema de controlo deve adaptar-se ao contexto de controlo, determinado pelo espaço aéreo a controlar:

- O caminho: controlo das aeronaves que evoluem à elevada altitude no UIR (por exemplo, acima FL 195 na França, acima do FL245 para o centro de Maastricht: este valor varia no mundo) e média altitude (no FIR).
- Centro terminal para gordos os aeródromos
- Aproximação, que consiste a ordenar os aviões à chegada e alinhá-lo com o ILS ou ordenar os aviões à partida e guiá-lo para o FIR.
- Pista, que gere a ocupação da (ou) pista (s) do aeródromo.
- Solo, que gere rolagem dos aviões entre a pista e a área de estacionamento.

Para ser eficaz em todos os contextos, o sistema deve adaptar-se e ser completado por novos subsistemas para fazer face:

- a diferença das tendências a evolução de um avião: a trajetória de uma aeronave em cruzeiro será muito mais estável que a de uma aeronave em espaço terminal. Isto condiciona muitos parâmetros tais únicos a frequência de atualização das pistas radares;
- a variedade das normas de separação: em sempre cruzeiro, a precisão requerida para posicionamento de uma aeronave é mais importante que em espaço terminal;
- a gravidade das avarias possíveis: a perda da imagem radar é bem mais grave se os aviões são próximos e numerosos que se os aviões estão cruzeiro e espaçados;
- a altitude de uma aeronave não é relevante para o controlo Solo.

Estas diferentes situações efeturaram à concepção de uns sistemas adaptáveis.

As missões do sistema de controlo

O sistema de controlo automatizado do tráfego aéreo pode ser utilizado para as missões seguintes:

- Controlo operacional: o controlo do tráfego real;
- Teste e avaliação: todos os subsistemas sujeito à várias fases de teste e de validação. Na França, estes testes têm de aproximação lugar ao DSNA-DTI (Direção dos serviços da Navegação Aérea, Direção da Técnica e a Inovação) seguidamente sobre as redes de testes dos diferentes centros de controlo;
- Formação: a formação dos controladores aéreos deve poder fazer-se em boas condições e sobre o tráfego simulado. Nesta missão, todos os atores externos são simulados (radares, centros estrangeiros, etc.). Uma particularidade desta missão é a função de gelo do exercício de controlo. Na França, esta missão é efetuada essencialmente ao ENAC.
- Arquivo e visualização, por razões legais (incidentes, acidentes), mas também para avaliar o montante da taxa ao serviço de controlo junto de companhias aéreas.

Os atores externos ao sistema de controlo

- Centros estrangeiros
- CFMU
- Serviço de depósito dos planos de vôos
- Organismos militares
- Serviço de informação aeronáutico
- Gestor aeroportuário
- Sistema de gestão das taxas
- Meteorologia
- Aeronaves
- Companhias aéreas

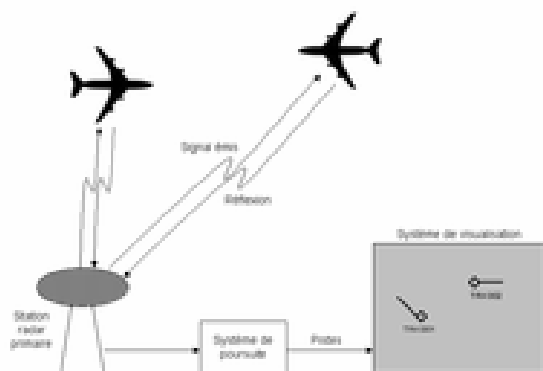
Os serviços prestados pelo sistema de controlo

Serviço de vigilância do espaço aéreo

Captadores de vigilância

Os captadores de vigilância são o primeiro ligamentos da cadeia: estes sistemas têm por missão "*de ver*" os aviões e de transmitir todas as informações disponíveis aos sistemas de continuação.

Radar primário



Radar primário

O radar primário utiliza o princípio da reflexão das ondas eletromagnéticas. A estação mede o desvio de tempos entre a emissão do impulso e a recepção da onda refletida sobre o alvo para deduzir a distância de esta. A posição do alvo determinada medindo o azimute da antena ao momento da recepção.

As reflexões produzem-se sobre os alvos (ou os aviões), mas também sobre objetos fixos (edifícios) ou móveis (camiões) não desejados, o que tende a criar parasitas. A função "*tratamento*" do radar responsável da eliminação de estes.

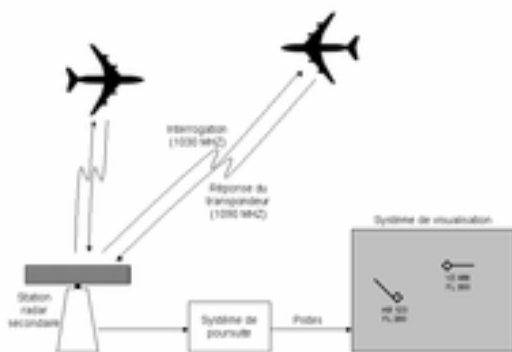
As vantagens do radar primário são:

- Nenhum equipamento embarcado é necessário para a detecção do alvo, o que permite a detecção dos alvos Não Cooperativos;
- Pode ser utilizado para a vigilância ao solo.

Os inconvenientes do radar primário são:

- Os alvos não podem ser identificados;
- A altitude dos alvos não pode ser determinada;
- Necessita emissões potentes, o que tende a limitar o alcance.

Radar secundário



Radar secundário

Radar secundário o sistema de vigilância radar secundário (**SSR**) é composto de dois elementos: uma **estação solo** interrogadora e **transpondeur embarcado** no avião. Transpondeur responde às interrogações da estação, informando-o sobre a sua distância e o seu azimute.

O **SSR** desenvolveu-se com a utilização do **Modo A/C** seguidamente do **Modo S** para a aviação civil.

Transpondeur Modo A/C fornecem a identificação (código **Modo A**) e a altitude (código **Modo C**) do avião em resposta às interrogações. Por conseguinte, a estação conhece a posição (em três dimensões) e a identidade dos alvos.

O **Modo S** é uma melhoria do Modo A/C. Ele conta todas as funções, mas permite igualmente uma interrogação seletiva dos alvos graças à utilização de um endereço único codificado das 24 lâminas, assim que uma rota de dados bi diretiva que permitem a troca de informações ar/solo.

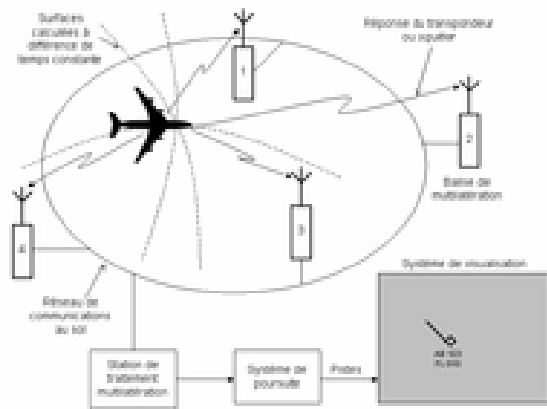
As vantagens do **SSR** são:

- A determinação da identidade e a altitude, além da distância e o azimute;
- É muito menos sujeito aos parasitas que o radar primário;
- O seu alcance é muito mais importante que a do radar primário, dado que a interrogação e a resposta têm apenas a distância ir percorrer;
- O Modo S introduz a vantagem de ligação de dados ar/solo.

Os inconvenientes do **SSR** são:

- Não convem à vigilância ao solo, devido perda de precisão à introduzida pelo prazo de tratamento transpondeur.
- Os sistemas modo A/C conhecem numerosos problemas de encabrestamento das respostas e recepção de respostas solicitadas. O Modo S resolve estes problemas interrogando seletivamente os alvos.

Multilateração



Sistema de multilateração

Um sistema de multilateração é composto de várias balizas que recebem os sinais emitidos transpondeur de um avião para localizá-lo. Estes sinais são quer espontâneos (*squitters*), quer das respostas (SSR ou **Modo S**) às interrogações de um radar próximo, quer as respostas (**Modo S**) às interrogações destas balizas. A localização faz-se graças ao princípio de diferença de tempos de chegada destes sinais.

Para cada par de balizas são estabelecidas as superfícies (hipérbolas), cuja diferença em distância a estas balizas é constante: a posição do avião é à intersecção destas superfícies.

A precisão de um sistema de multilateração depende da geometria do sistema formado pelo avião e as balizas, assim único da precisão da medida do tempo de chegada dos sinais.

Hoje, o multilateração é principalmente utilizado para a vigilância dos movimentos ao solo e as abordagens. A sua utilização para a vigilância-rota é ao estudo.

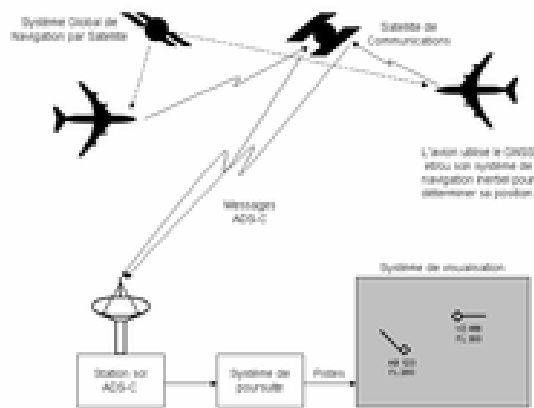
As vantagens do multilateração são:

- A utilização da tecnologia SSR atual (não evolução dos equipamentos embarcados não é necessária)
- Convém à vigilância ao solo. Esta em vingança necessita um equipamento Modo S dos aviões, dada que Transpondeur Modo A/C são a maior parte do tempo desativados ao solo para limitar a poluição radioelétrica.

Os inconvenientes do multilateração são:

- Os sinais devem ser corretamente recebidos por pelo menos quatro balizas, o que coloca o problema do lugar de estas, em especial para a vigilância-estrada.

ADS-C



ADS-C

Com o **ADS-C** (*Automatic Dependant Surveillance - Contract*), o avião utiliza o seu sistema de navegação satélites ou inerciais para posição automaticamente determinar e transmitir ao centro responsável a sua e de outras informações.

As informações transmitidas via o **ADS- C** podem ser:

- A posição do avião? A sua estrada prevista;
- A sua velocidade (solo ou ar)
- Dados meteorológicos (direção e velocidade do vento, temperatura...).

As informações do ADS-C são transmitidas via comunicações não a ponto, por VHF ou por satélite. Os sistemas solo e embarcados negociam as condições de acordo com as quais estas transmissões efetuam (periódicas, sobre acontecimento, ao pedido, ou sobre urgência).

O **ADS- C** é utilizado tipicamente nas zonas desérticas ou oceânicas onde não há cobertura radar.

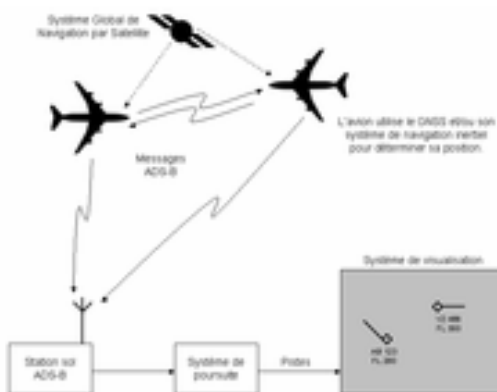
As vantagens do ADS- C são:

- A utilização para a vigilância das zonas sem cobertura radar
- A transmissão da informação "estrada prevista".
- A ligação de dados ar/solo (como para o Modo S e o ADS-B).

Os inconvenientes do ADS- C são:

Depende inteiramente do avião e a correção dos dados que transmite.

ADS-B



ADS-B

Com o **ADS- B** (Automatic Dependant Surveillance - Broadcast), o avião utiliza os seus sistemas de navegação satélites ou inerciais para posição automaticamente determinar e difundir a sua e de outras informações (velocidade, indicativo de vôo...).

A posição e a velocidade são cada um transmitido duas vezes por segundo.

As mensagens ADS-B (*squitters*) são difundidas, em oposição ao ADS-C que utiliza um protocolo de comunicação não à ponto. Por conseqüente, o ADS- B é utilizado não somente para ATC, mas igualmente para aplicações de vigilância embarcadas.

As vantagens do **ADS-B** são:

- A utilização para ATC e para aplicações de vigilância embarcadas;
- A taxa de refresco elevada
- A ligação de dados ar/solo (como para o Modo S e o ADS- C).

Os inconvenientes do **ADS-B** são:

- Depende inteiramente do avião e a correção dos dados que transmite;
- Em 2005, um terço dos aviões sobrevoando a Europa não é equipado para o ADS-B e, por conseguinte não é detectado.

Sistemas de continuação

Um sistema de controlo automatizado do tráfego aéreo deve ter em conta os dados fornecidos por diversos captores de vigilância. Em entrada da continuação, a cada avião corresponde tanto de pistas que há de captores, e em saída um único. O papel do sistema de continuação é, por conseguinte tratar e unificar o conjunto destes dados, para transmitir uma informação fiável ao sistema de visualização.

Sistema a mosaicos

Nos sistemas a mosaico, o espaço aéreo é dividido em células. Para cada um de estas, um captor preferencial é predeterminado. O sistema recebe os dados dos captores, e escolhe a informação adequada à célula no qual o avião é detectado.

Sistema de fusão multi pistas

Um sistema de fusão multi pistas recebe os dados dos captores, aplicando cada uma uma ponderação. Esta ponderação depende da precisão de cada captor na zona considerada, assim único a idade das pistas.

Sistema de fusão multiligações do contacto

Um sistema de fusão multiligações do contacto recebe as ligações do contacto dos captores para estabelecer em permanência a precisão do avião mais precisa possível. Gera seguidamente uma pista baseada nas ligações do contacto alisadas sucessivas.

Os sistemas de fusão multiligações do contacto estão geralmente mais eficientes, mas também mais complicada: devem ter em conta as características dos diferentes captores, e gerir o fato de as ligações do contacto chegam de maneira assíncrona.

ARTAS

ARTAS (*European ATM suRveillance Tracker And Server*) é um sistema que combina continuação e servidor de pistas. Os centros de controlo subscrevem o servidor ARTAS para uma zona dada, para receber os dados de vigilância sobre esta zona. As informações plano de vôo podem igualmente ser enviadas.

O desenvolvimento de ARTAS, efetuado por **Eurocontrol**, foi confiado à sociedade Thales. É agora COMSOFT que se encarrega da sua manutenção. Este sistema tem por vocação de tornar-se o padrão europeu na matéria.

Correlação

A correlação é um mecanismo fundamental do sistema de controlo. Estabelece uma relação biunívoca entre uma pista radar (em saída da continuação) e um plano de vôo se:

- o endereço modo S da pista radar (situado num domínio preciso) é idêntico ao endereço modo S para um segmento preciso do plano de vôo (situado no mesmo domínio). Somente possível se o avião, o radar, a continuação e a correlação forem equipados modo S.
- o código modo A da pista radar (situado num domínio preciso) é idêntico ao código modo A para um segmento preciso do plano de vôo (situado no mesmo domínio).

Nos dois casos de correlação, pode-se observar que o postulado de unicidade do código modo A ou o endereço modo S nunca não é estabelecido. É a razão pela qual o serviço de correlação limita-se sempre a uma zona precisa.

Sobre o subsistema de visualização, a correlação traduz-se na associação à cada pista radar das suas informações planos de vôo: próximas balizas, altitude prevista, etc..

Sistemas de visualização

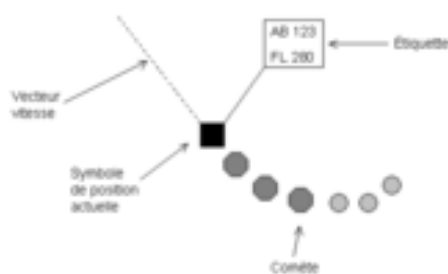


Imagem radar

O sistema de visualização apresenta tão fielmente quanto possível a situação aérea ao utilizador final, o controlador. A apresentação da informação relativa a um avião dado responde às regras estritas, e contem os elementos seguintes:

- um símbolo de posição atual;
- um "cometa", que representa as posições passadas;
- um vetor velocidade, orientado seguinte o cabo e de comprimento proporcional à velocidade solo
- um rótulo que apresenta informações sobre o avião (Modo A, Modo C, indicativo de vôo, velocidade solo, informações do plano de vôo, etc..)

Serviço de vigilância solo

A circulação dos aviões ao solo é distante ser sem perigos, como o atestam de numerosos acidentes como o Tenerife (1977). Os riscos aumentam quando a visibilidade degrada-se e o tráfego aumenta. O aumento da capacidade de um aeroporto passa, por conseguinte pela aposta em obra de um sistema automatizado de vigilância, de controlo, de encaminhamento e orientação dos aviões ao solo: TEM-SMGCS (*Advanced Superfície Movimento Orientação and Controlo System*).

Este sistema recebe as informações dos captores disponíveis (o mais frequentemente possível o radar primário de superfície, multilateração, ADS-B e radar modo S), o tráfego com o seu módulo de fusão, antes de afixá-lo sobre um sistema de visualização dedicado. Possui também funções de alerta de proximidade (controlo) e otimização das trajetórias dos aviões (orientação e encaminhamento).

O sistema deve igualmente detectar os outros veículos que circulam sobre as pistas e o tarmac; são equipados para aquilo de balizas específicas.

Serviço de tratamento dos Planos de Vôo

O serviço de tratamento dos planos de vôo constitui o conjunto dos mecanismos que gerem a vida do plano de vôo, as suas modificações bem como a sua distribuição aos diversos subsistemas interessados.

O depósito do plano de vôo

A companhia aérea ou o piloto podem depositar um plano de vôo via Internet ou via o Minitel. Este depósito informa o tipo de aparelho, a estrada, os aeródromos de partida e de destino e as altitudes encaradas pelo piloto à diversas fases do vôo.

As companhias aéreas que operam sobre linhas regulares têm a possibilidade de preencher automaticamente planos de vôo repetitivos.

A previsão de trajetória

Partir do plano de vôo, é a dizer partir do tipo de aparelho, o seu peso à decolagem e da sua estrada (seqüência das balizas solo que constituem o seu caminho projetado sobre o solo), o tratamento dos planos de vôo calcula uma trajetória 2D (projetado ao solo) para cada vôo.

Em mais desta trajetória 2D é calculada uma trajetória 4D que inclui as altitudes e as horas consideradas de passagem (em função dos desempenhos do avião). Este dado é fundamental no tratamento dos planos de vôo: serve seguidamente de base ao cálculo da seqüência dos sectores aéreos atravessados.

Esta seqüência dos sectores atravessados vai determinar:

- o código transpondeur atribuído
- a distribuição do plano de vôo: só os controladores aéreos que gerem um sector atravessado são servidos em atualizações.

A gestão dos códigos transpondeur

Enquanto o serviço de construção da imagem radar (supervisionar o espaço aéreo) correlaciona as pistas à ajuda de um código transpondeur, é no tratamento dos planos de voo que o subsídio destes códigos é gerido.

Esta parte do tratamento assegura-se de que um mesmo código não é atribuído a dois planos de voos situados no mesmo domínio de interesse.

Os estados do plano de voo

Para cada organismo de controlo atravessado (centro em estrada, centro estrangeiro, centro terminal, abordagem ou solo), o plano de voo passa por uma sucessão de estados que determinam as modificações possíveis do plano de voo assim único o serviço deste último:

- **estado criado:** o plano de voo foi depositado ou notificado por um centro estrangeiro;
- **estado despertado:** o voo é ativado no centro de controlo precedente, um centro estrangeiro notifica-o ou um voo vai descolar;
- **estado ativado:** o voo é tido em conta no organismo de controlo corrente;
- **estado terminado:** o voo saiu do organismo de controlo, foi transferido ao seguinte ou anulado e os seus dados plano de voo por conseguinte são arquivados.

A modificação de plano de voo

O controlador aéreo pode alterar o plano de voo que não é terminado para o organismo de controlo do qual depende e alterar a sua estrada ou o seu código transpondeur, por exemplo, de acordo com as informações que pode obter do piloto ou de outro controlador.

A distribuição do plano de voo

A distribuição do plano de voo consiste no serviço da boa informação ao bom momento. Cada mudança de estado ou atualização do plano de voo conduz uma redistribuição do plano de voo aos clientes interessados cujos eis alguns exemplos:

- sistema de visualização para completar as informações radar
- eventualmente a impressora de **strip** num contexto prédiálogo eletrónico (é o caso atualmente na França).
- sistema de auditoria para a gestão das taxas, para a quantificação dos atrasos, etc.
- gestores de aeródromo e companhias aéreas para informá-lo sobre o desenrolar dos voos dos quais têm a carga.

Ajuda ao controlo

Serviço de ajuda à gestão das chegadas partidas

Serviço de ajuda à deteção de conflitos

Outros serviços

A certeza do bom degraú do sistema é um elemento chave do controlo aéreo: serviço de supervisão é, por conseguinte um indispensável para assegurar-se.

Para adaptar-se ao tráfego que varia muito, por exemplo, entre a noite e o dia, a divisão do espaço aéreo em sectores aéreos talvez alterados. O sistema é informado destas mudanças para adoptar à informação fornecida ao controlador aéreo para funcionar, o sistema de controlo deve conhecer a geografia, a localização dos aeroportos, os níveis de voo limites, o corte do espaço etc. todos os dados são designados sob o termo de dados de ambiente.

Na França

Este parágrafo ilustra o artigo tomando o exemplo do sistema francês.

O CAUTRA

Na França, todos os serviços evocados mais elevado é devolvido o CAUTRA, sistema de Coordenação Automático do Tráfego Aéreo. O CAUTRA compreende vários subsistemas que aplicam a totalidade ou parte dos serviços de assistência ao controlador aéreo, entre os quais se podem observar:

- o sistema de tratamento dos planos de voo;
- o sistema de tratamento radar;
- o sistema de visualização ODS os cinco centros em estrada.

Localização e responsabilidade dos cinco CRNA o espaço aéreo francês é dividido em cinco regiões de informações de voo (FIR). O tráfego de cada um entre elas é controlado num Centro Regional da Navegação Aérea (CRNA):

Norte: Athis-Mons (FIR de Paris)

Leste: Reims (FIR Reims)

Sudeste: Aix-en-Provence (FIR de Marseille)

Sudoeste: Bordeaux (FIR de Bordeaux)

Oeste: Brest (FIR de Brest) que tem a particularidade de gerir os voos transatlânticos e, por conseguinte as desobstruções oceânicas em cooperação com o centro de Shannon.

Estes centros dispõem de uns sistemas de tipo centra em estrada, mais adaptado aos voos em cruzeiro e a resolução de conflitos para estradas concorrentes.

A região parisiense

Os aeroportos parisienses (Roissy Charles-de-Gaulle e Orly), devido ao forte tráfego suportado, beneficiam de um sistema de tipo organismo de controlo completo centra terminal. Tal sistema é adaptado mais à resolução de conflitos (aeronaves que tendem a aproximar-se perigosamente) para voos à forte evolução vertical.

As grandes aproximações

As grandes aproximações são alimentadas em informações radar e plano de voo graças um centro em rotas adjacentes. Dispõem assim de uma imagem radar completa:

- Nice
- Lyon
- Marseille
- Bordeaux

- Toulouse

Site da **DGAC**
Site da **DSNA-DTI**

<http://www.aviation-civile.gouv.fr/>
<http://www.dsna-dti.aviation-civile.gouv.fr/>



Fontes bibliográficas:

<http://fr.wikipedia.org/wiki/>

Wikipedia ®™ é uma Enciclopédia na Internet, totalmente livre de direitos.

© 2008



© Direction Générale de l'Aviation Civile

Tradução em português:

Comandante Jean-Claude Pistoressi 'Mangueira'
Piloto instrutor privado – Air Languedoc (França)