MASTER EN SCIENCES INFORMATIQUES

Conception et réalisation d'un logiciel de calcul et de tracé de trajectoires aéronautiques à partir d'instructions de vol SID

Canart, Jean-Yves

Award date:
1985

Awarding institution:
Universite de Namur

Facultés universitaires

Notre-Dame de la Paix

Namur

Année académique I984-I985

Conception et réalisation d'un logiciel de calcul et de tracé de trajectoires aéronautiques à partir d'instructions de vol SID

Jean-Yves CANART

Mémoire présenté en septembre I985
en vue de l'obtention du titre de
Licencié et Maître en informatique

Je voudrais remercier ici mon promoteur, Mr Jean-Paul Leclercq pour les nombreux conseils qu'il a bien voulu me prodiguer. Merci aussi pour l'humour et la gentillesse qui ne lui firent jamais défaut.

Merci également à Mr Hoang Hoa Dung pour les routines graphiques qu'il m'a aimablement permis d'utiliser.

P L A N D U M E M O I R E

I N T R O D U C T I O N

La C.E.E dispose d'un programme informatique dont le but est de calculer les courbes d'exposition au bruit des avions autour des aéroports. Ce programme est appelé CANAR : Consequences of Aircraft Noise Abatement Regulation.

Il utilise d'une part les données relatives aux caractéristiques des avions telles que le bruit dégagé, les vitesses et performances, d'autre part de données spécifiques à chaque aéroport :

-données géographiques : Longitude,Latitude,Déclinaison magnétique

- d'implantation : position et longueur des pistes,altitude...

Pour établir les courbes de bruit, le programme doit disposer des trajectoires suivies par les avions en phase de décollage ou d'atterrissage. Ces trajectoires sont fournies au programme sous forme codée dans un formalisme précis.

Ces mêmes trajectoires (appelées SID) sont définies de manière précise par les autorités de l'aviation civile et publiées dans les documents aéronautiques. Y figurent également les principaux points de repère et aides à la navigation disponibles aux alentours des aéroports et facilitant les manoeuvres de décollage. Citons notamment :

- Radio-Balises
- VOR (Visual Omni Range)
- DME
- Middle Marker
- ...

La traduction manuscrite d'une trajectoire en sa forme codée utilisable par le programme CANAR s'avère une tâche particulièrement fastidieuse et sujette à erreurs.
Pour remédier à cette situation, il peut être intéressant de concevoir un programme utilitaire se chargeant de cette traduction.
Ce programme utilitaire constitue l'objectif de mon Mémoire.

Un tel programme existe déjà : il s'appelle SIDCAN et est opérationnel sur le DEC 2060 des Facultés de Namur.
Il possède cependant quelques lacunes qui rendent son utilisation parfois problématique :

I. Les trajectoires de vol admissibles par SIDCAN ne sont jamais définies avec précision.
2. La sémantique attachée à une trajectoire particulière est parfois ambigüe.
3. Quels sont les mouvements de base autorisés et refusés par Sidcan ?
4. L'exécution même de SIDCAN aboutit parfois à des résultats aberrants. Il semble bien que certains cas pourtant valides au point de vue syntaxique ne soient pas envisagés par SIDCAN et soient donc traités erronément.
5. L'extension éventuelle de SIDCAN est difficile. Le programme est parfois insuffisamment documenté. Un manuel de programmation et/ou d'utilisation serait le bienvenu .

J'essaierai donc, dans le cadre de ce mémoire, de rebâtir un programme cohérant.

J'insisterai dans mon étude sur les points suivants :

I. Adopter une syntaxe et une sémantique stricte.
   J'utiliserai à cet effet le méta-language BNF qui permet un formalisme rigoureux nécessaire à la définition précise et à la levée de toute ambiguité syntaxique.
2. Obtenir un programme opérationnel détectant et traitant tous, si pas la plupart, des cas d'exceptions.
3. Adopter une découpe de programme et une stratégie de travail permettant une extension éventuelle du produit.

SPECIFICATIONS DU PROGRAMME

Le programme utilitaire SIDCAN assure deux tâches :
D'une part, la traduction d'un texte-SID en une suite de segments constitutifs d'une trajectoire sous forme normalisée et imposée par le programme CANAR,
d'autre part, la visualisation de cette trajectoire sur un écran de terminal.

I. INPUT

Les données "source" de la traduction sont groupées dans quelques fichiers que consultent le programme :

- les caractéristiques de l'aéroport concerné.
- les coordonnées et caractéristiques des aides à la navigation utilisées par le SID traduit.
- le texte-SID à traduire.

II. OUTPUT

La sortie du programme est constituée par deux fichiers :

- le premier constitue la sortie "officielle" du programme et est tel quel utilisable par le programme CANAR.
- Le second contient un certain nombre de paramètres utiles à l'élaboration de la sortie graphique. Sa syntaxe est plus libre puisque son utilisation est en fait interne au programme.

I. INPUT

Le texte-SID : syntaxe et sémantique

Les éléments d'un texte-SID sont constitués

- de mots-clé : AHEAD, TURN, INTERCEPT, CLIMB ...
  indiquant la nature du mouvement de base à effectuer.
- de nombres indiquant des distances, des caps(magnétiques),
  des altitudes...
- d'identificateurs : points de repère, radio-balises...
- de mots de liaison : assurent au texte-SID une certaine
  cohésion et une tournure de phrase anglaise : AT, UNTIL ...

Tous ces éléments mis ensemble forment des phrases : les "textes-SID".

ex. AHEAD UNTIL I.5 NM THEN RIGHT TO INTERCEPT TR 085 M TO SEVENNOAKS THEN LEFT ONTO SEDO15R TO HORNCHURCH

Pour assurer un traitement informatique rigoureux, il convient de fixer une syntaxe précise, notamment les mots admis ou refusés : c'est l'aspect syntaxique.
D'autre part, il faut convenir d'une représentation du texte sous forme d'une suite de caractères : c'est l'aspect lexical de l'analyse. Enfin, il faut convenir d'une signification bien précise de chaque phrase traduite, c'est l'aspect sémantique de l'analyse.

Ces aspects sont développés en page 19

La syntaxe du langage SID figure p 22 à 24

Dans les trajectoires SID sont susceptibles de figurer un certain nombre de mouvements de base.

Dans le cadre du programme SIDCAN, on en retiendra six. Les autres présentent moins d'intérêt pour le programme CANAR et ne seront donc pas envisagés. Il est à noter que ces six mouvements de base peuvent être représentés par un certain nombre de phrases-SID sémantiquement équivalentes. Il conviendra donc de définir pour chaque mouvement quelle syntaxe adopter.

Conventions :

Dans la présentation des mouvements de base qui suit, "A" représente la position de l'avion avant d'effectuer la trajectoire spécifiée par le texte-SID indiqué.

I. DECOLLAGE

Syntaxe : AHEAD UNTIL <NOMBRE> NM

L'avion quitte la piste et garde son cap sur une certaine distance (à compter à partir du début de la piste)
Cette distance peut s'exprimer soit par un nombre, soit par un point de repère à survoler.
On conviendra de ne garder que le premier cas.
Chaque nombre est suivie de son unité. On n'admet comme unité de mesure de distance que le NM (mille nautique = I.85318 Km).

2. MOUVEMENT DROIT

Syntaxe : AHEAD UNTIL <NOMBRE> NM

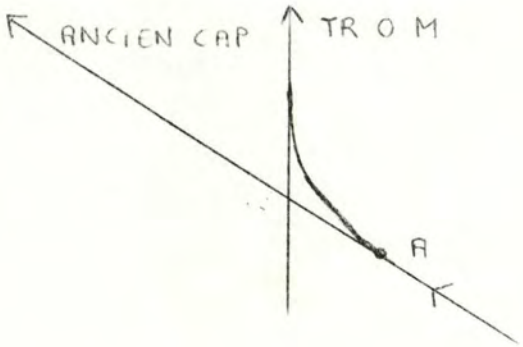
L'avion conserve son cap sur une certaine distance et se dirige vers un point donné. Le point est défini soit par un point de repère, soit par une certaine distance à parcourir depuis A.
On ne retiendra que le second cas.
On remarquera que la syntaxe du mouvement droit est la même que la syntaxe du décollage. Il est cependant aisé de distinguer les deux mouvements :
le décollage est toujours le premier mouvement d'une trajectoire.
La première phrase du texte-SID doit donc toujours être le mouvement DECOLLAGE, toutes les autres phrases du texte répondant à la même syntaxe étant des mouvements droits.

3. CAP

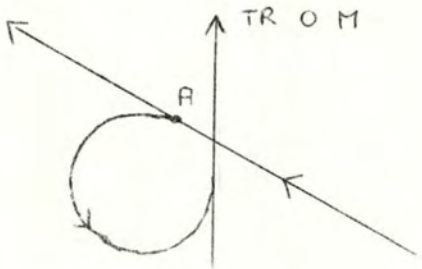
Syntaxe : {TURN} <DIRECTION> ONTO TR <NOMBRE> M

Il est à remarquer que le texte-SID doit obligatoirement mentionner la direction à prendre pour négocier le virage.

Ex I. TURN RIGHT ONTO TR O M



Ex 2. LEFT ONTO TR O M



On peut remarquer que le sens adopté ne correspond pas toujours au sens "normal" du virage (l'angle le plus petit). Ceci est du notamment au fait que l'avion doit parfois éviter certaines zones (par ex. résidentielles), ce qui le contraint à effectuer le grand virage.

4. POINT

Syntaxe : {AT <NAVAID>} {TURN} <DIRECTION> TO <NAVAID>

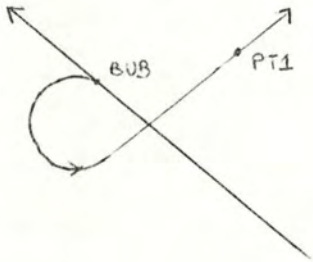
L'avion vire dans la direction donnée pour rejoindre un point donné. Il n'y a pas d'indication de cap à prendre.

Le texte-SID permet deux options :

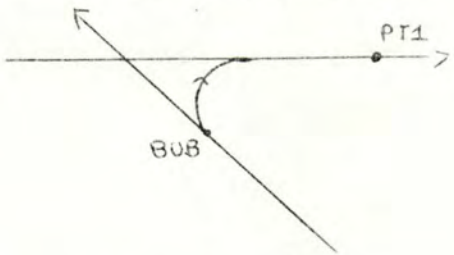
I. L'avion est contraint de commencer son virage en A (at navaid)

2. L'avion peut commencer son virage plus tôt ou plus tard.
(Ceci peut arriver dans le cas où l'avion ne sait pas atteindre le point étant donné le rayon minimal auquel il est contraint)

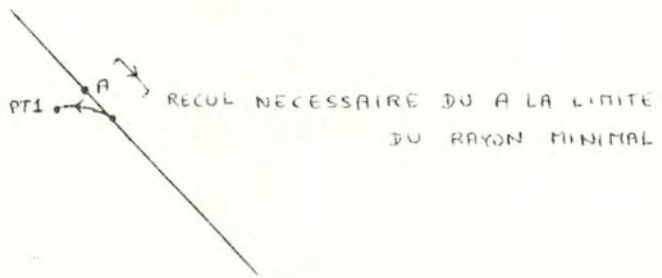
Ex I. AT BUB TURN LEFT TO PTI



Ex 2. AT BUB TURN RIGHT TO PTI



Ex 3. TURN LEFT TO PTI



Remarques :

I. L'avion peut ne pas pouvoir commencer son virage en A (rayon minimum du virage). Dans ce cas, il commencera son virage soit plus tôt, soit plus tard (si toutefois cela lui est permis par l'option {AT NAVAID}

2. L'avion peut être contraint de tourner à gauche pour rejoindre un point situé à sa droite ou vice-versa, ceci est dû aux contraintes locales (réglementations anti-bruits, pylone ...).

5. RADIALE

Syntaxe : {AT <NAVAID>}{TURN} <DIRECTION> ONTO TR <NOMBRE> M TO <NAVAID>

L'avion doit rejoindre un point tout en adoptant un nouveau cap. Pour celà, il doit s'aligner sur la radiale de ce point. (la radiale DEG d'un point P est la droite passant par P et faisant un angle de DEG degrés avec le nord (magnétique)
L'avion doit virer dans le sens indiqué par le texte-SID. Selon l'option {AT NAVAID}, il peut soit commencer son virage en A, soit entamer le virage plus tôt ou plus tard de manière à adopter le rayon minimal.

Hyp. DI radiale d'origine
D2 radiale à atteindre
DI et D2 sécantes

5.I. Il y a une contrainte sur le point de départ

5.I.I. le point d'intersection entre les droites DI et D2 se trouve devant l'avion

L'avion commence son virage en A dans le sens indiqué de manière à rejoindre la radiale.
Conditions : I. Le sens indiqué par le texte-SID doit être "le bon" (angle du virage $< 180°$)
2. L'avion ne doit pas être "trop près" de la radiale (ce qui contraindrait l'avion à adopter un rayon inférieur au rayon min.)

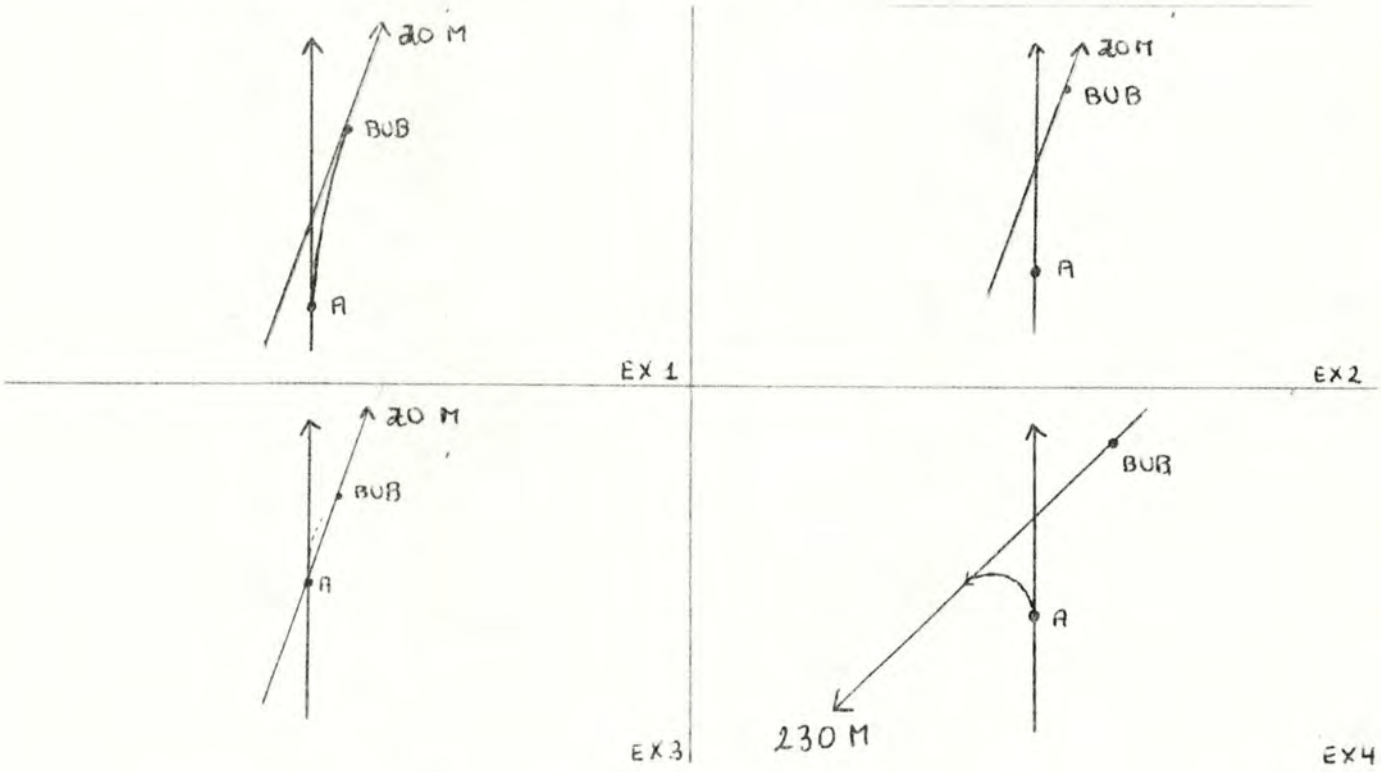
3. Le point à survoler doit être "bien situé" sur la radiale (lorsque l'avion a rejoint la radiale, le point à survoler doit être devant lui)

Ex.I. RIGHT ONTO TR 20 M TO BUB

Ex.2. LEFT ONTO TR 20 M TO BUB (erreur I)

Ex.3. RIGHT ONTO TR 20 M TO BUB (erreur 2)

Ex.4. LEFT ONTO TR 230 M TO BUB (erreur 3)



5.I.2. Le point d'intersection se trouve derrière l'avion

Deux cas sont possibles :

I. Le sens indiqué par le texte-SID est contraire au sens "normal" du virage : l'avion effectue alors un virage dans le sens indiqué pour s'orienter sur le bon cap (ex I)

2. Le sens indiqué par le texte-SID est identique au sens "normal" du virage : l'avion est contraint d'effectuer le mouvement de base STURN (ex 2)

Conditions : I. L'avion ne doit pas être "trop près" de la radiale.

2. Le point à survoler doit être "bien situé" sur la radiale.

5.2. Il n'y a pas de contrainte sur le point de départ

5.2.I. Le point d'intersection se trouve devant l'avion

L'avion est libre de choisir le point de départ qui lui convient le mieux pour négocier son virage. Normalement, il choisira le point qui lui permettra de négocier le virage avec un rayon minimal. Il y a cependant des cas où soit c'est impossible, soit ce n'est pas réaliste :

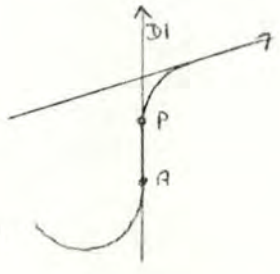
c'est impossible, si l'avion doit virer de beaucoup plus loin qu'il ne lui est possible (ex 2),

ce n'est pas réaliste si l'avion est contraint de parcourir une distance énorme afin de négocier son virage avec un rayon minimum (ex 3)

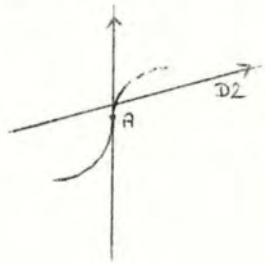
Dans ce cas, il négociera directement son virage en A, on est ramené au cas 5.I.I.

Condition : Le point à survoler doit être bien situé sur la radiale.

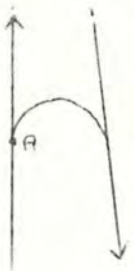
Ex I. L'avion se trouve sur la radiale DI et peut choisir son point de départ, il choisira le point P qui lui permet de négocier son virage avec le rayon minimal.



Ex 2. L'avion ne peut rejoindre la radiale D2 avec le rayon minimum. Le texte-SID correspondant n'est pas correct.



Ex 3. L'avion devrait parcourir une distance beaucoup trop grande, il va donc directement le négocier en A.

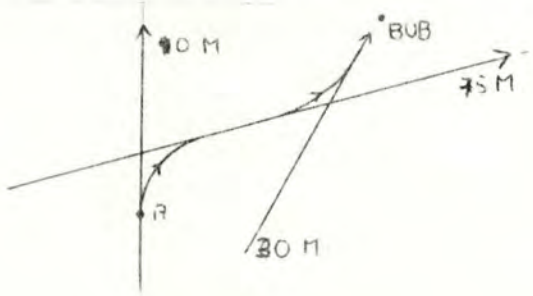


6. STURN

Syntaxe : {AT ⟨NAVAID⟩} {TURN} ⟨DIRECTION⟩ TO INTERCEPT
TR ⟨NOMBRE⟩ M TO ⟨NAVAID⟩

Le STURN (Virage en forme de "S") est un cas particulier du virage vers une radiale d'un point donné. Il est utilisé lorsque l'angle entre les deux radiales est assez faible (normalement < 45°).

Il permet d'éviter à l'avion de devoir utiliser un rayon de virage beaucoup trop grand qui ne lui permettrait pas d'atteindre le point souhaité.



Le mécanisme du STURN est d'adopter un cap intermédiaire faisant un angle de 45° avec le cap final avant d'adopter le cap final lui-même.

Conditions :

I. La direction indiquée par le texte-SID doit être la bonne :
   virer à gauche si l'avion se trouve à droite de la radiale
   virer à droite si l'avion se trouve à gauche de la radiale

2. L'avion ne doit pas être "trop près" de la radiale.

3. Le point à survoler doit être bien situé sur la radiale.

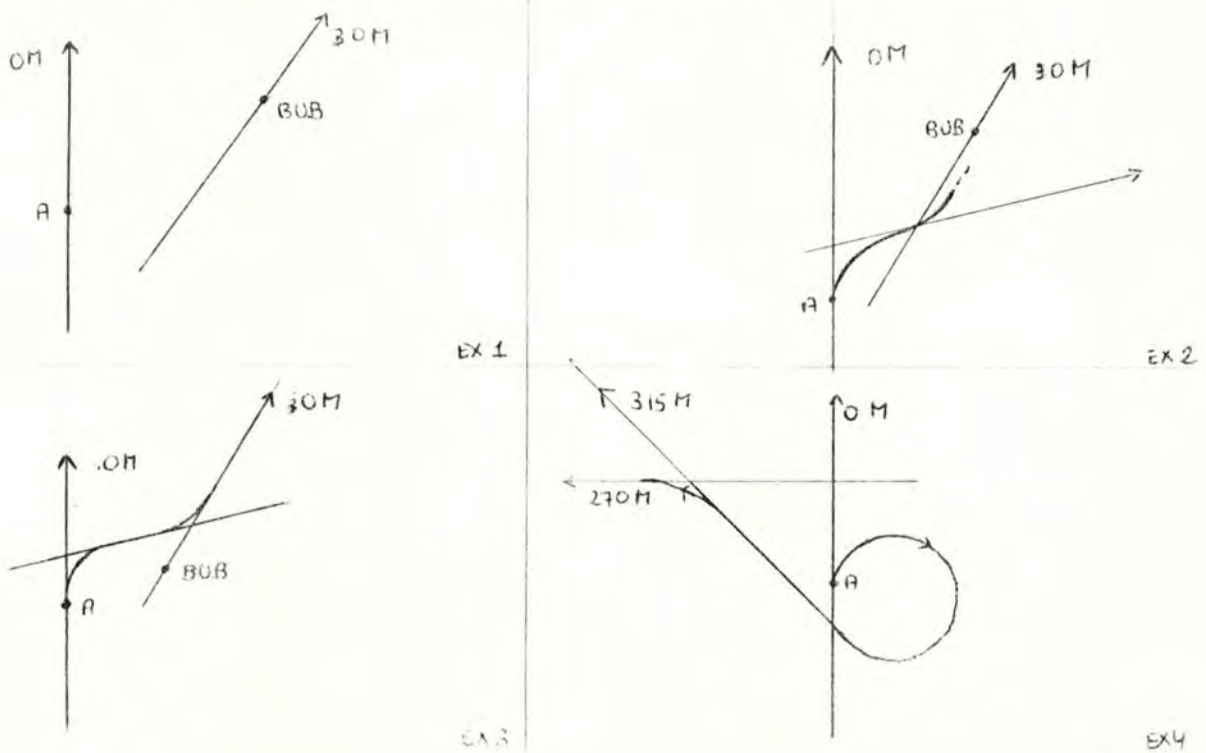
Il est à remarquer que l'utilisation d'un STURN hors du cas pour lequel il est prévu (angle>45°) peut conduire à des trajectoires qui, bien que n'étant pas erronées, défient le bon sens.

Ex I. LEFT TO INTERCEPT TR 30 M TO BUB (erreur I)

Ex 2. RIGHT TO INTERCEPT TR 30 M TO BUB (erreur 2)

Ex 3. RIGHT TO INTERCEPT TR 30 M TO BUB (erreur 3)

Ex 4. Utilisation abusive d'un STURN, un virage radiale simple serait beaucoup plus approprié.



2. OUTPUT

La sortie du programme est la trajectoire CANAR ou TRACK, c'est la conversion sous forme numérique d'un texte-SID. Un track est une suite de segments de vol. Il existe deux types de segments :

- un segment droit caractérisé par une longueur.
- un segment courbe caractérisé par le rayon du virage, le sens du virage (gauche ou droite) et l'angle du virage.

La succession des éléments d'un TRACK correspond donc à la trajectoire suivie par un avion parcourant successivement les segments de vol.

Ex. TRACK I segment droit 3 NM
I segment courbe gauche, 50°, 5 NM
I segment droit 2 NM

correspond à la trajectoire d'un avion parcourant 3 NM avec le cap d'origine, virant à gauche d'un angle de 50° avec un rayon de 5 NM et continuant sur le même cap pendant 2 NM.

Le point de départ de la trajectoire est par convention la fin de la piste de décollage, le cap initial étant l'orientation de la piste de décollage. Ces paramètres figurent également dans la sortie du programme SIDCAN.

Conventions concernant les segments de vol

Ces conventions sont liées au programme CANAR.

1. Le TRACK est constitué d'un maximum de 15 segments.
2. Chaque segment est soit courbe, soit droit.
3. Un segment est constitué de deux nombres réels :

   segment droit : Le premier nombre est la longueur du segment en NM, le second est obligatoirement 0.

   segment courbe : Le premier nombre est l'angle du virage en degrés. L'angle est toujours une valeur comprise entre 0 et 360°. Le second nombre est le rayon du virage en NM. Si ce nombre est négatif (positif), il s'agit d'un virage vers la gauche (droite).

4. Les premier et dernier segments du TRACK sont obligatoirement des segments droits. De plus, les segments courbes et droits doivent alterner.
   Les segments impairs seront donc droits, les segments pairs, courbes.

C O N C E P T I O N D U P R O G R A M M E S I D C A N

Introduction : schéma général

Le programme SIDCAN comporte deux parties :

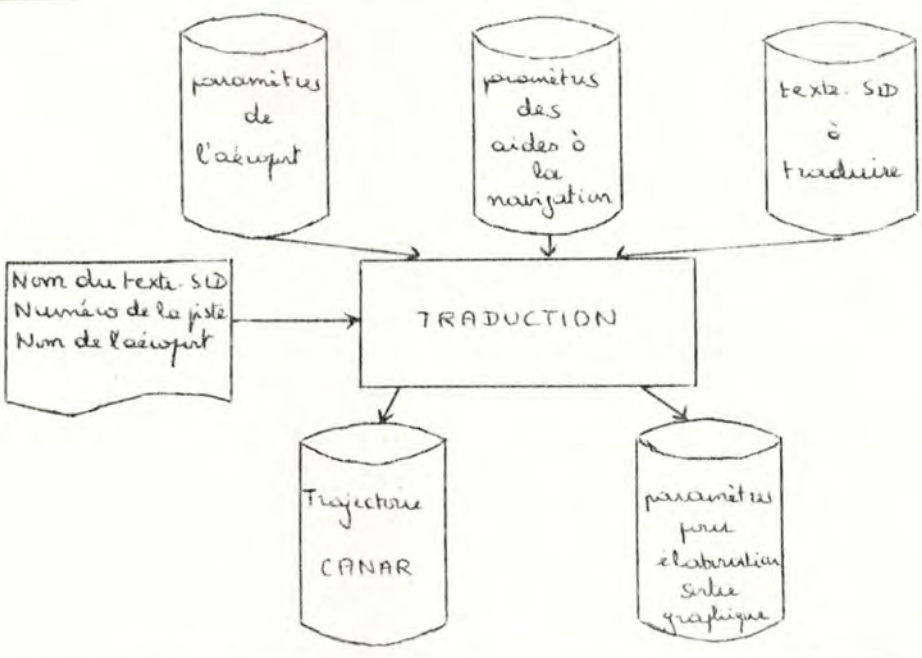
I. Sous-routine TRADUCTION

2. Sous-routine GRAPHIQUE

Ces deux parties sont totalement indépendantes l'une de l'autre et peuvent être exécutées isolément. Elles sont accessibles par l'intermédiaire d'un menu.

I. TRADUCTION

La sous-routine traduction assure la lecture d'un texte-SID sur fichier externe, la traduction de celui-ci en un TRACK selon les conventions du programme CANAR et le sauvetage de celui-ci sur fichier externe. Les contrôles sont faits sur la validité lexicale, syntaxique et sémantique du texte-SID. Toute détection d'erreur provoque l'arrêt du programme avec un message d'erreur approprié.



Les renseignements que doit fournir l'utilisateur pour l'exécution de la routine sont :

I. Le nom de l'aéroport

2. Le nom du texte-SID à traduire

3. Le numéro de la piste de décollage

2. PLOTTING

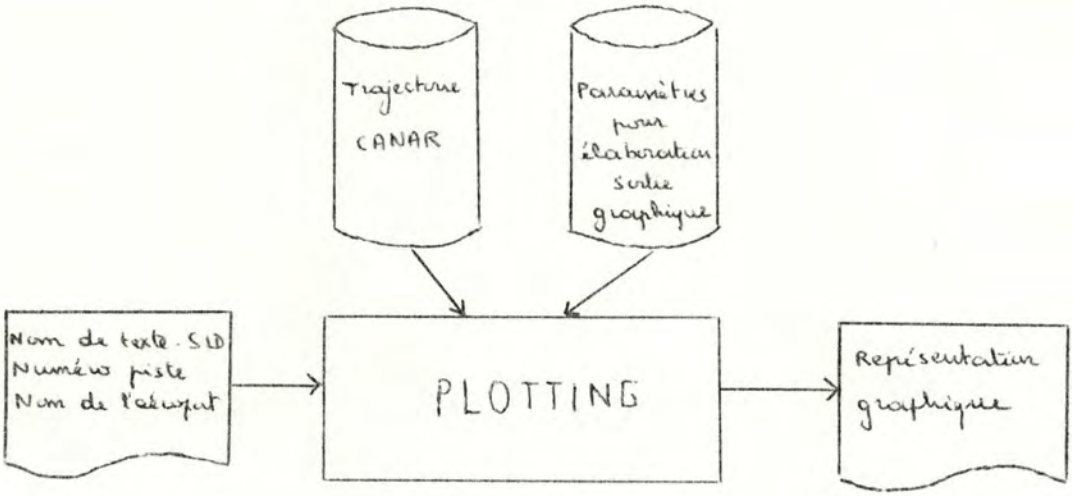
La sous-routine PLOTTING assure la lecture d'une trajectoire CANAR et de ses paramètres graphiques et une représentation de celle-ci sur écran graphique.

Les renseignements que doit fournir l'utilisateur pour l'exécution de la routine sont :

I. Le nom de l'aéroport

2. Le nom du texte-SID à traduire

3. Le numéro de la piste de décollage



I MODULE TRADUCTION

A. Conception

On entend par TRADUCTION, le fait de "lire" un texte-SID et de le convertir en une trajectoire numérique.

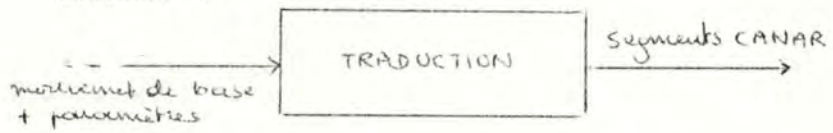
Il y a donc deux aspects assez différents de la TRADUCTION :

I. LECTURE et ANALYSE : il s'agit, à partir d'une chaîne de caractères (le texte-SID), de déterminer des mouvements de base et des paramètres.

Schéma :

2. TRADUCTION : convertir ces mouvements de base et paramètres en données numériques, les segments CANAR.

Schéma :



Stratégie générale : on traduit le texte-SID phrase par phrase (def. p.14). Chaque phrase est successivement lue, analysée et traduite.

B. Réalisation

Le module TRADUCTION répondra aux spécifications I+2.

Algorithme : Tant qu'il y a des "phrases" à traiter
- traiter une phrase

Traiter une phrase
- lire une phrase P
- Analyser la phrase P
- Traduire la phrase P

I.I. LECTURE et ANALYSE

Le processus de lecture et d'analyse est celui qui consiste à transformer un flot de caractères en :

- un type de mouvement de base
- les paramètres de ce mouvement

Ex. ^TURN^^RIGHT^TO^^INTERCEPT^^TR^223^M^TO^^NAV^^

L'analyseur fournira les résultats suivants :

mouvement de base STURN

paramètres RIGHT 223 NAV

(le souligné permet de distinguer le paramètre en tant que tel de sa représentation sous forme d'une suite de caractères)

La correspondance entre un flot de caractères et les résultats de l'analyse (type du mouvement + paramètres) se fait par l'utilisation de règles (ou productions). Celles-ci fixent la syntaxe correcte de chaque mouvement de base. On peut distinguer deux sortes de règles :

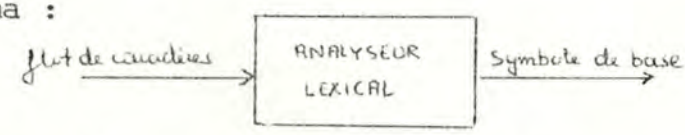
- les règles syntaxiques qui déterminent la syntaxe d'un texte-SID en termes de symboles de base.
- les règles lexicales qui déterminent la syntaxe d'un symbole de base en terme de caractères.

Le module ANALYSE peut, suivant cette dichotomie, être séparé en deux sous-modules :

- un module ANALYSEUR LEXICAL
- un module ANALYSEUR SYNTAXIQUE

ANALYSEUR LEXICAL

Schéma :



Les règles lexicales permettent de "voir" un texte-SID comme une suite de caractères. Dans la grammaire SIDCAN, un symbole de base peut être un mot-clé, un identificateur, un nombre ou une "fin-de-fichier".
Les symboles de base correspondent aux symboles terminaux dans les règles syntaxiques exprimées en BNF.

La fonction de l'analyseur lexical (ou Scanner) est de transformer le flot de caractères provenant de la source (SIDCAN : un fichier transféré lors de l'initialisation en une chaîne de caractères) en un flot de symboles disponible pour l'analyseur syntaxique. La façon concrète dont cette information est disponible est la suivante :
On peut voir le flot de symboles comme une suite ordonnée de symboles de base ; à chaque invocation par l' analyseur syntaxique , l' analyseur lexical fournit le symbole "courant". Il faut comprendre par symbole courant le ième symbole de la suite (c'est à dire le ième symbole le plus à gauche) lors de la ième invocation.

Concrètement, l'analyseur lexical est une <u>fonction</u> dont chaque appel donne comme résultat un "symbole de base".
Ce résultat constitue l'interface AN. LEXICAL→ AN. SYNTAXIQUE
L'interface est donc un paramètre résultat de la fonction

ANALYSEUR LEXICAL. La valeur de ce paramètre est

I. Le type de symbole de base

2. Une valeur pour ce symbole de base

Certains symboles de base n'ont cependant qu'un type et pas de valeur (Ex. Fin-de-fichier).

Pour convertir un flot de caractères transmis par la source en une suite de symboles de base, l'analyseur dispose

I. De quelques règles BNF lui donnant la syntaxe exacte de chaque symbole de base

2. De quelques conventions liant un symbole de base à sa représentation physique (en termes de caractères)

I. Règles BNF

⟨symbole de base⟩ ::= ⟨symbole⟩⟨blancs⟩ | ⟨fin-de-fichier⟩

⟨symbole⟩ ::= ⟨mot-reservé⟩|⟨identificateur⟩|⟨nombre⟩

⟨mot-reservé⟩ ::= AHEAD | UNTIL | NM | ONTO | TR | TO | M | INTERCEPT | RIGHT | LEFT | TURN | . | THEN

⟨identificateur⟩ ::= ⟨lettre⟩ {⟨lettre⟩ | ⟨chiffre⟩}*

⟨nombre⟩ ::= ⟨entier⟩ | ⟨entier⟩ . ⟨entier⟩

⟨entier⟩ ::= ⟨chiffre⟩ | ⟨entier⟩ ⟨chiffre⟩

⟨lettre⟩ ::= A | B | C | ... | Y | Z

⟨chiffre⟩ ::= 0 | I | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9

⟨blancs⟩ ::= ⟨blanc⟩ {⟨blanc⟩}*

⟨blanc⟩ ::=

2. Conventions de représentation physique

a) Le flot de caractères se lit de la gauche vers la droite.

b) Chaque symbole est exclusivement constitué de caractères

. alphabétiques (Majuscules de A à Z)

. numériques (de 0 à 9)

. du signe spécial .

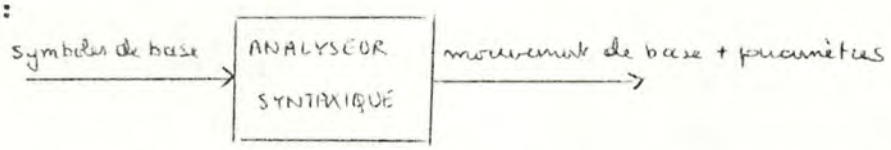
c) Le caractère " " (espace) sert de délimiteur.
Il ne peut pas figurer à l'intérieur d'un symbole (b).
deux symboles successifs doivent être obligatoirement séparés par un ou plusieurs blancs.

d) Le symbole de base FF dépend de l'implémentation physique du flot de caractères. C'est à l'analyseur lexical qu'il appartient de détecter la fin de fichier et de renvoyer un symbole de base FF
(dans SIDCAN, la fin du fichier est détectée par le fait que le pointeur courant positionne sur le dernier caractère de la chaîne de caractères SID)

e) Un identificateur ne peut contenir qu'un maximum de dix caractères.

ANALYSEUR SYNTAXIQUE

Schéma :



Le rôle de l'analyseur syntaxique est de convertir une suite de symboles de base en un mouvement de base + ses paramètres.

Ex. TURN RIGHT TO INTERCEPT TR 223 M TO NAV

L'analyseur fournira les résultats suivants :

-mouvement de base : STURN

-paramètres : RIGHT 223 NAV

L'analyseur se sert des règles syntaxiques suivantes :

⟨texte-SID⟩ ::= |⟨ensemble de phrases⟩ ⟨dernière phrase⟩

⟨ensemble de phrases⟩ ::= |⟨phrase-SID⟩ ⟨ensemble de phrases⟩

⟨phrase-SID⟩ ::= ⟨phrase⟩ ⟨délimiteur⟩

⟨dernière phrase⟩ ::= ⟨phrase⟩ FF

⟨phrase⟩ ::= ⟨droite⟩|⟨radiale⟩|⟨point⟩|⟨intercept⟩|⟨cap⟩

⟨droite⟩ ::= AHEAD UNTIL ⟨nombre⟩ NM

⟨radiale⟩ ::= {AT ⟨navaid⟩} TURN ⟨direction⟩ ONTO TR
⟨nombre⟩ M TO ⟨navaid⟩

⟨point⟩ ::= {AT ⟨navaid⟩} TURN ⟨direction⟩ TO ⟨navaid⟩

⟨intercept⟩ ::= {AT ⟨navaid⟩} TURN ⟨direction⟩ TO INTERCEPT
TR ⟨nombre⟩ M TO ⟨navaid⟩

⟨cap⟩ ::= {AT ⟨navaid⟩} TURN ⟨direction⟩ ONTO TR⟨nombre⟩ M

⟨navaid⟩ ::= ⟨identificateur⟩

⟨direction⟩ ::= LEFT | RIGHT

⟨deliniteur⟩ ::= THEN | .

Deux méthodes d'application de ces règles ont retenu mon attention :

I. Méthode directe

L'analyseur syntaxique se sert directement des règles de syntaxe pour déterminer le mouvement de base à effectuer. Il y a donc une correspondance presque directe entre l'algorithme et la syntaxe elle-même.
La lecture (lire les mots de la phrase un par un) et l'analyse (déterminer le mouvement de base) se font donc conjointement.

Ex. Si le symbole de base lu est AHEAD
Alors
"le mouvement de base est droite "
Si le symbole de base suivant n'est pas UNTIL
ou nombre
Alors "il y a une erreur"
.
.
.

Je n'ai pas utilisé cette méthode (cfr p.28).

2. Utilisation des masques

La lecture d'une phrase se fait mot par mot.
Les mots constitutifs d'une phrase-SID sont essentiellement de deux types :

I. les mots-clés : ils permettent de "reconnaître" le type de mouvement de base. Ils peuvent également assurer

la syntaxe de la phrase. Dans cette dernière fonction, ils seraient à la limite inutiles. Ils servent simplement à conserver à la phrase-SID la forme d'un texte anglais : (ON AT ONTO ...).

2. les paramètres : ceux-ci serviront de données aux routines spécialisées qui traduisent les différents mouvements.

Paramètres de direction : LEFT, RIGHT

distance : nombre

cap : degrés, navaid

Cette distinction est importante car le traitement diffère en fonction du type du mot rencontré.

Le traitement d'une phrase se fait en deux temps :

- phase de lecture et codage : les paramètres sont stockés et chaque symbole de base est codé.
- phase d'analyse : la suite de symboles de base ainsi codée est comparée à toutes les formes possibles de phrase-SID afin de déterminer le mouvement de base à utiliser.

Les règles de syntaxe ne figurent donc plus dans l'algorithme mais sous forme de données dans un tableau. (MASK)

I) Phase de lecture et codage

a) codage

Chaque symbole de base est codé par une lettre de l'alphabet.

Un code existe pour chaque valeur du type de symbole de base "mot réservé". Ce code correspond à l'ordre de ce mot

dans la liste des mots réservés. (dans SIDCAN, AHEAD → A, AT → B ..). Cette liste figure sur un fichier (DICT.DAT) et est classée par ordre alphabétique (pour accroître la vitesse de recherche du mot).

Pour les autres types de symboles de base (c-à-d dans SIDCAN, identificateur , nombre), un code existe pour chaque type de symbole de base (sauf pour le symbole de base fin-de-fichier qui ne fait pas à proprement parler partie du texte-SID). (dans SIDCAN, ⟨nombre⟩→ R ⟨identificateur⟩→ S)

On appelle masque d'une phrase-SID le codage de cette phrase selon cette technique.

Ex. phrase RIGHT TO INTERCEPT TR IOO M TO NAV

masque H I C K R E I S

b) stockage

Chaque valeur lue est stockée en vue de son utilisation lors de la traduction. Plusieurs tableaux sont nécessaires pour stocker des valeurs de type différent.

Dans SIDCAN, deux tableaux sont prévus :

un pour les valeurs numériques : TNOMBRE

un pour les valeurs alphanumériques: TALPHA

Le fait d'utiliser des tableaux doit permettre une adaptation aisée du programme en permettant aux mouvements de base futurs de compter autant de variables que désirées.

Actuellement deux classes de symboles de base demandent le stockage de données (⟨nombre⟩ et ⟨identificateur⟩).

Il n'est pas difficile d'augmenter le nombre de classes de symboles de bases et de tableaux de stockage.

2) Phase d'analyse

Le stockage termine la première phase de l'analyse (phase de lecture). La deuxième phase (reconnaissance du mouvement de base) est assez simple.

Il suffit de comparer le masque obtenu avec l'ensemble de tous les masques possibles, ce qui permet de déterminer le mouvement de base. Le tableau MASK reprend pour chaque masque possible, le numéro du mouvement de base correspondant (voir ex. en Annexes p. 2).

Le fait de coder les symboles de base par une lettre permet

- de classer les masques de phrases possibles par ordre alphabétique ce qui permet d'utiliser la recherche dichotomique.
- d'utiliser les primitives FORTRAN permettant de comparer deux chaînes de caractères, ce qui a pour résultat une recherche très rapide du masque correspondant à la phrase analysée.

Comparaison des deux méthodes

I) Méthode directe

avantages : - Elle est plus naturelle et se prête mieux à la méthode de programmation Top-Down, la structure de la grammaire utilisée correspond en effet de façon plus ou moins directe avec la structure du programme d'analyse.
- Cette méthode permet d'éviter l'utilisation de fichiers externes (DICT, MASK).

inconvénients : - il est assez malaisé de modifier la grammaire utilisée car ceci impliquerait une modification assez radicale du programme puisque les deux structures sont liées.

- la grammaire doit posséder un certain nombre de propriétés assez restrictives, notamment elle doit être LL(I), ce qui n'est pas le cas de la grammaire SID

2) Méthode des masques

Avantages :-il est assez aisé de modifier la grammaire. Il est même possible d'automatiser la création des fichiers externes DICT et MASK (voir p. 85)

-La grammaire SID peut être plus souple (bien qu' elle ne puisse pas être récursive)

Inconvénients :-Méthode moins naturelle

-Risque d'explosion combinatoire du nombre de masques (cependant la grammaire actuelle bien que ne permettant qu'un nombre limité de phrases peut déjà rendre de nombreux services.)

3) Choix

Il fallait choisir la méthode qui réponde le mieux aux critères d'extensibilité et de simplicité du programme.
Il fallait prévoir une stratégie d'analyse suffisamment souple pour permettre au programmeur (ou à l'utilisateur une évolution assez aisée du produit.
C'est en fonction de ces critères qu'a été choisie la deuxième méthode.

I.2. TRADUCTION

I.2.I. Principes généraux

Introduction

La traduction d'un mouvement de base en une trajectoire numérique se fait par la routine TRADUCPHRASE.
Celle-ci s'occupe de

- faire les conversions nécessaires, notamment :
  - conversion coord. géogr. → coord. cartésiennes
  - conversion NM → KM
  - conversion cap magnétique → cap trigonométrique
- appeler les différentes routines spécialisées

Il existe une routine spécialisée pour chaque mouvement de base. Un mouvement de base pouvant cependant être constitué de plusieurs mouvements de base plus élémentaires, certaines routines peuvent le cas échéant s'appeler l'une l'autre.

Donnons d'abord quelques règles générales nécessaires à la compréhension des principes qui régissent la traduction des mouvements de base.

J'aborderai successivement :

- stratégie générale de traduction
- localisation des points dans l'espace
- représentation des droites et des angles
- unités et constantes
- conversion coordonnées géographiques → cartésiennes

I.2.I.I. Stratégie générale de traduction

Chaque mouvement de base représente un ou plusieurs segments dans le format CANAR. Ces segments sont créés au fur et à mesure de la traduction de chaque mouvement de base.

Chaque routine spécialisée s'occupe donc elle-même du calcul, de la création et du stockage des segments représantant la trajectoire. Ces segments sont stockés provisoirement, en cours de traduction, dans un tableau.
Ce tableau sera sauvé sur fichier externe lorsque le texte-SID sera entièrement traduit.

Chaque routine peut être appelée à modifier ce qui a déjà été créé dans les routines exécutées précédemment avec les restrictions suivantes :

- seul le dernier segment stocké peut être modifié
- on ne peut modifier que des segments droits pour en prolonger ou raccourcir la longueur.

Il existe donc plusieurs variables globales accessibles à n'importe quel moment au cours de la traduction et par n'importe quelle sous-routine.
Ce sont :

I. Les tableaux contenant les segments de vol CANAR
2. La position de l'avion
3. Le cap de l'avion

Certaines routines modifient la valeur de ces variables, d'autres pas :

	ENVOL	DROIT	CAP	POINT	RADIALE	INTERCEPT
Tableaux	X	X	X	X	X	X
Position	X	X	X	X	X	X
Cap			X	X	X	X

Pour assurer que les contraintes CANAR soient respectées en ce qui concerne la succession des segments droits et courbes, il est prévu que :

- Si deux segments courbes doivent se suivre, on intercale un segment droit de longueur arbitrairement petite.
- Si deux segments droits doivent se suivre, on ne crée qu' un seul segment dont la longueur est la somme des longueurs des deux segments initiaux.

I.2.I.2 Localisation des points dans l'espace

Deux systèmes permettant la localisation des points de la trajectoire sont possibles :

I. Coordonnées géographiques : un point est repéré par deux angles (latitude-longitude).

2. Coordonnées cartésiennes : un point est repéré par deux longueurs dans un système d'axes cartésien.

Pour simplifier les calculs, tous les calculs se feront en coord. cartésiennes ; le centre du système cartésien correspond au centre de l'aéroport.

Convention adoptée : abscisse + EST

\- OUEST

ordonnée + NORD

\- SUD

Les différents points de repère nécessaires à la traduction sont fournis au programme en coord. géogr.
Une sous-routine COORD se charge de la conversion avant l'utilisation de ces repères.
(Il est à remarquer que cette conversion entraîne une erreur puisque la surface d'une sphère n'est pas développable, on tiendra ces erreurs pour négligeables, étant donné les faibles distances mises en jeu)

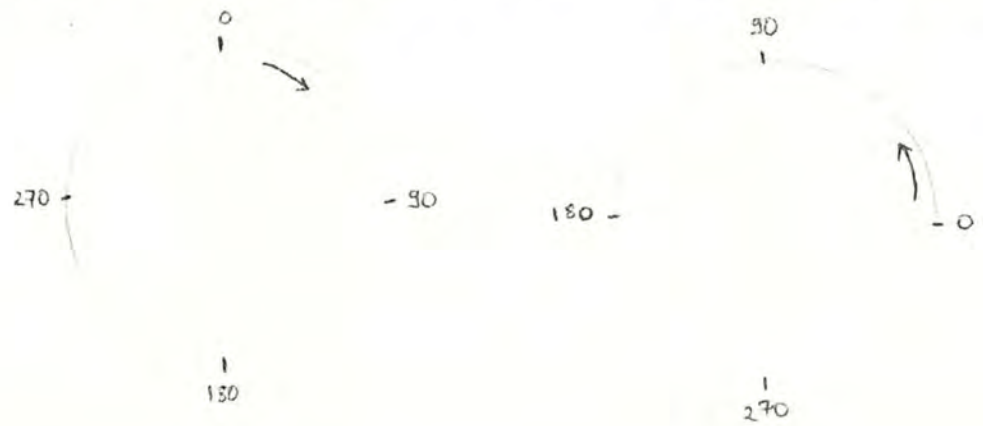
La présentation mathématique et informatique de cette conversion figure p. 35

I.2.I.3 Représentation des droites et des angles

a) conversion cap magnétique → cap trigonométrique

Le cercle magnétique des angles — le 0° est vers le Nord et le sens de parcours est le sens des aiguilles d'une montre — ne correspond pas au cercle trigonométrique où le 0° se situe 90° à l'est et le sens du parcours est inversé. Tous les calculs trigonométriques se font en utilisant les angles trigonométriques : une conversion (assez simple) est donc nécessaire pour passer d'un système à l'autre.

EX. Le cap magnétique I80° correspond au cap trigono. 270°.



b) déviation magnétique

Une autre correction à faire est celle de la déviation magnétique. Le nord géométrique (= direction de la droite qui joint le point où l'on se trouve à l'axe de rotation de la terre) ne correspond pas au nord magnétique (= direction des lignes de force du champ magnétique terrestre).
Une correction est nécessaire, elle dépend de la latitude de l'aéroport et figure dans les paramètres de chaque aéroport. Pour nos latitudes (50° N), la déviation magnétique est d'environ 2°.

I.2.I.4 Unités et constantes

Tous les angles sont exprimés en degrés et compris entre 0° et 360°. La différence entre deux angles est toujours exprimée par un angle positif et un sens (gauche = -I, droite = I).

Les distances sont exprimées en NM (=I.853I8 KM).

Rayon minimum du virage

Le rayon minimum du virage sera souvent employé dans les calculs. Il correspond au rayon du virage le plus serré que l'avion puisse prendre compte tenu de sa vitesse, de ses caractéristiques...

Il se calcule comme suit :

<u>données</u> : vitesse de l'avion 250 KTS (NM/h)

taux du virage I (correspond à un virage de 360° en 2 m)

distance parcourue en deux minutes (=circonférence) =

$2 * \frac{250 * I.853I8}{60} = I5,443$ KM

Rayon minimum du virage : $\frac{I5,443}{2 * \pi} = 2,458$ KM

I.2.I.5. Conversion coord. géographiques ⟶ coord. cartés.

a) <u>résolution mathématique</u>

données : un point P dont on connaît les coordonnées géographiques. Ce point P est le centre de l'aéroport et sera pris comme point d'origine du système d'axes du plan cartésien que l'on se propose de construire.

I) <u>conversions</u>

latitude N +

S -

+ conversion système sexagésimal → décimal

longitude E angle

O 360° - angle

+ conversion système sexagésimal → décimal

Ex. LAT : N5I:27:34 +5I,459444..

LON : EIO:I5:20 +IO,255555..

LAT : SIO:30:59 -IO,5I63888..

LON : OI5:20:35 +344,656944..

2) La terre peut être assimilée à un ellipsoïde de révolution

ayant pour axes principaux r_I, r_I, r_3 avec $r_I = 6392,015$ KM et $r_3 = 6374,567$ KM

Tout point de la surface de la terre est le résultat de l'équation

$$\frac{x^2}{r_I^2} + \frac{y^2}{r_I^2} + \frac{z^2}{r_3^2} = I$$

3) conversion coord. géo. → coord. cart. (3 dimensions)

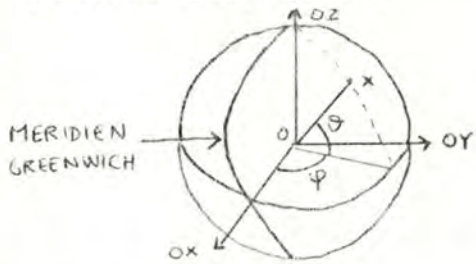
On construit un système d'axes ayant pour centre le centre de la terre, pour axe oz l'axe de rotation de la terre et pour plan (ox,oz) le plan du méridien de Greenwich.

On peut trouver les formules suivantes :

$x = r_I \cos\varphi \cos\theta$

$y = r_I \sin\varphi \cos\theta$

$z = r_3 \sin\theta$



Ex. Le point (N05I:08:42,W000:II:48) a pour coordonnées cartésiennes (4010,017;-13,764;4964,106) en KM

4) construction d'un système cartésien à deux dimensions

-équation des points du plan tangeant au point P

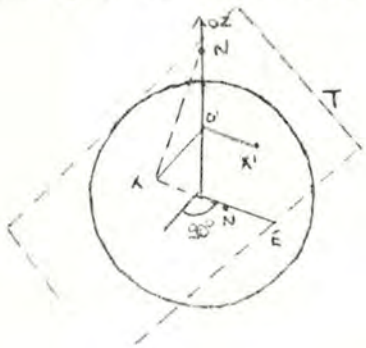
on a $OX \perp XA \ \forall \ A \in$ Plan (a,b,c coord. de A)

donc $(x,y,z) \perp (a-x, b-y, c-z)$

donc (produit scalaire nul) $\underline{ax + by + cz = x^2 + y^2 + z^2}$

-construction des deux axes

I. Axe Nord : donné par XN ou N est l'intersection du plan avec OZ



coordonnées $\begin{cases} a = o \\ b = o \\ ax + by + cz = x^2 + y^2 + z^2 \end{cases}$ point N est sur l'axe OZ

$N = (0,0,\frac{x^2 + y^2 + z^2}{z})$

$XN = (-x,-y,\frac{x^2 + y^2 + z^2}{z} - z)$

Il faut encore normer l'axe et on obtient XN(I),XN(2),XN(3)

2. Axe Est : il est donné par XE

Soit le point P' de coordonnées $(\theta,\varphi+\frac{\pi}{2})$

Il a pour coordonnées cartésiennes (-y,x,z) (rotation de 90° vers l'est)

On a XE//O'X' avec O' = (0,0,z) ⇒ O'X' = (-y,x,0) ⇒

XE = (-y,x,0)

(le point E =XE + X = (-y,x,0)+(x,y,z) = (x-y,x+y,z)

remplit bien l'équation du plan T)

On norme XE et on obtient XE(I),XE(2),XE(3)

5) Coordonnées dans le repère (XN,XE) d'un point z

on va prendre la projection de ce point (car le point z à la surface de la terre n'appartient pas au plan T)

Soit (m,n,p) les coord. cartésiennes de z

coord. cartésiennes de z' (projection de z sur plan T) :

$z' = \beta . z$ avec $\beta = \frac{x^2 + y^2 + z^2}{mx + ny + pz}$ (car $z' \in T$)

On exprime z' ($\in$T) en fonction des axes :

Xz' = A(XE) + B(XN)

$$\begin{cases} z'_I = Ae_I + Bn_I \\ z'_2 = Ae_2 + Bn_2 \\ z'_3 = Ae_3 + Bn_3 \end{cases}$$

On ne garde que les 2 premières (la 3ème est redondante)

$$A = \frac{z'_I n_2 - z'_2 n_I}{n_2 e_I - n_I e_2} \qquad B = \frac{z'_I e_2 - z'_2 e_I}{n_I e_2 - n_2 e_I}$$

Cas d'exception à traiter séparément :

I) $\vartheta = 0$ (aéroport sur l'équateur)

XN(I) = 0 XE(I) = COS (ϑ + 90)

XN(2) = 0 XE(2) = SIN (ϑ + 90)

XN(3) = I XE(3) = 0

b) <u>résolution informatique</u>

La conversion coord. géogr. → coord. cartés. regroupent en fait deux problèmes distincts :

I. Le calcul des axes (XN,XE) étant donné un point X à la surface du globe. Ce calcul est fait une fois pour toute à l'initialisation de SIDCAN.
Un cas (hautement improblable !) est détecté mais n'est pas traité : si l'aérodrome se trouve sur un des pôles ; un message d'erreur s'ensuit.

2. Le calcul des coord. cartés. d'un point par rapport au système d'axes (XN,XE). Ce calcul est fait par une procédure spéciale COORD dont les arguments sont la longitude et la latitude du point et le résultat les coord. cartés.

I.2.2 Présentation des routines spécialisées

I.2.2.I. ENVOL

Données	(A_x, A_y)	Position de l'avion
	α	Cap de l'avion
	DIST	Distance à parcourir
	RWYLENGHT	Longueur de la piste de décollage
Résultats	(B_x, B_y)	Position de l'avion
	β	Cap de l'avion
	I	segment droit CANAR

Calculs

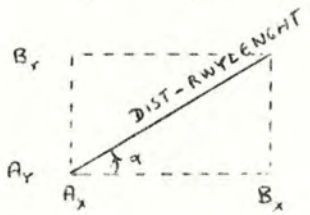
L'envol correspond au parcours d'un segment de droite dont la longueur est la longueur à parcourir depuis le début de la piste (DIST) - la longueur de la piste elle-même (RWYLENGHT) (car la trajectoire CANAR commence en fin de piste).

Segment droit : longueur DIST - RWYLENGHT (+ conversion KM/NM)

β : $\beta = \alpha$ car segment droit, l'avion conserve son cap.

(B_x, B_y) : $B_x = A_x + (DIST - RWYLENGHT)\ COS(\alpha)$

$B_y = A_y + (DIST - RWYLENGHT)\ SIN(\alpha)$



I.2.2.2 DROITE

Données	(A_x, A_y)	Position de l'avion

	α	Cap de l'avion
	DIST	Distance à parcourir
Résultats	(B_x, B_y)	Position de l'avion
	β	Cap de l'avion
	I segment CANAR	droit

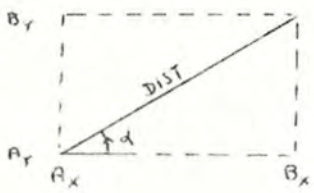
Calculs

Segment droit : longueur DIST (+ conversion KM / NM)

β : $\beta = \alpha$ car segment droit, l'avion conserve son cap.

(B_x, B_y) : $B_x = A_x + DIST \ COS(\alpha)$

$B_y = B_y + DIST \ SIN(\alpha)$



I.2.2.3 CAP

Données	(A_x, A_y)	Position de l'avion
	α	Cap de l'avion
	β	Nouveau cap à atteindre
	SENS	Sens du virage (I=droit, -I=gauche)
	RMIN	Rayon minimum du virage
Résultats	(B_x, B_y)	Position de l'avion
	β	Cap de l'avion
	I segment courbe	CANAR

Calculs

Segment courbe : I. sens : SENS

2. rayon : rayon minimum (converti en NM)

3. angle du virage : DIFF

Calcul de DIFF

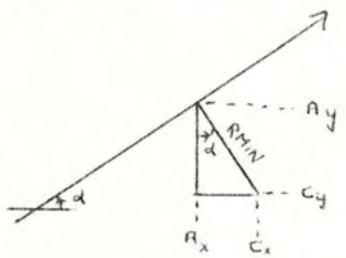
- Si virage à gauche : DIFF = $\beta - \alpha$
- Si virage à droite : DIFF = $\alpha - \beta$
- Si DIFF < 0° : DIFF = DIFF + 360°

(B_x, B_y) : Calcul

I. Calcul du centre du virage

$$C_x = A_x + RMIN \quad SIN(\alpha) * SENS$$

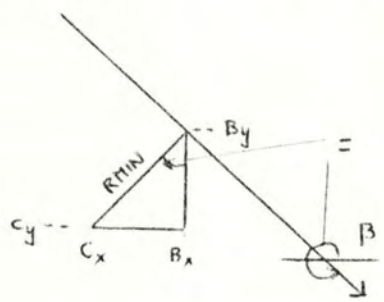
$$C_y = A_y - RMIN \quad COS(\alpha) * SENS$$



2. Calcul de la fin du virage

$$B_x = C_x - RMIN \quad SIN(\beta) * SENS$$

$$B_y = C_y + RMIN \quad COS(\beta) * SENS$$



Cas d'exception Si $\alpha = \beta$ alors pas de virage

I.2.2.4 RADIALE

Données	(A_x, A_y)	Position de l'avion
	α	Cap de l'avion
	β	Cap à atteindre
	NAV	Point à survoler
	CONTPD	Indicateur si il y a contrainte sur le point de départ (vrai, faux)
	RMIN	Rayon minimum du virage
	SENS	Sens du virage (I=droit, -I=gauche)
Résultats	(B_x, B_y)	Position de l'avion
	β	Cap de l'avion

Si CONTPD alors 2 segments CANAR (C,D) (*) (cas I)

4 segments CANAR (C,D,C,D) (*) (cas 2)

sinon 3 segments CANAR (D,C,D) (cas I)

2 segments CANAR (C,D) (*) (cas 2)

4 segments CANAR (C,D,C,D) (*) (cas 3)

(*) + I segment droit si dernier segment traduit courbe

Calculs

Hyp. : les radiale de départ et d'arrivée sont sécantes

I. Calcul du point d'intersection (I_x, I_y)

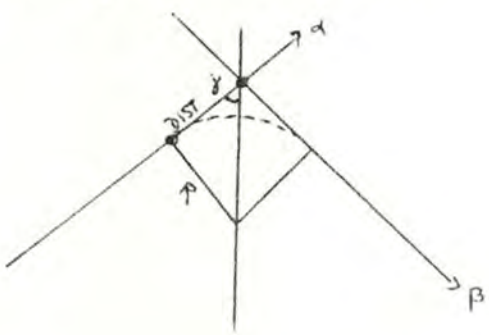
A) Il y a contrainte sur le point de départ

. Le point d'intersection se trouve devant l'avion (cas I)

- Calcul de la bissectrice : angle $\gamma = \frac{180 - DIFF}{2}$

(Calcul de DIFF p. 41)

- Calcul de la distance entre (A_x, A_y) et (I_x, I_y) = DIST
- Calcul du rayon du virage = R



$R = DIST * TAN(\gamma)$

Ier segment CANAR :

I. sens : SENS

2. rayon : R

3. angle du virage : DIFF (calcul p 41)

- calcul du point d'arrivée du Ier segment courbe = P
  - calcul du centre du virage (voir p 41)
  - calcul de la fin du virage (voir p 41)
- l'avion doit encore parcourir la distance séparant P de NAV. = DIST

2ème segment CANAR : droit de longueur DIST

Cas d'exception

I. Le dernier segment CANAR traduit est courbe : il faut avant tout calcul insérer un segment droit de longueur arbitrairement petite.
2. Le sens du virage doit être adapté à la direction à prendre. Calcul : si DIFF > I80 alors erreur
   traitement : message d'erreur et arrêt du programme.
3. Le rayon du virage R doit être compatible avec les possibilités de l'appareil. Calcul :si R < RMIN alors erreur
   traitement : message d'erreur et arrêt du programme.
4. Le point à survoler NAV doit se trouver devant l'appareil une fois que celui-ci se trouve sur la radiale à atteindre.
   Calcul : si NAV précède P alors erreur
   traitement : message d'erreur et arrêt du programme.

. Le point d'intersection se trouve derrière l'avion

Deux cas sont possibles :

a) DIFF > I80 (cas I)

- calcul de la bissectrice : angle = $\frac{DIFF - I80}{2}$
- calcul de la distance entre (A_x, A_y) et (I_x, I_y) = DIST
- calcul du rayon du virage = R (voir p. 42)

Ier segment CANAR :

I. sens : SENS

2. rayon : R

3. angle du virage : DIFF

- calcul du point d'arrivée P du Ier segment courbe
  - calcul du centre du virage (voir p. 41)
  - calcul de la fin du virage (voir p. 41)
- l'avion doit encore parcourir la distance séparant P de NAV. = DIST

2ème segment CANAR : droit de longueur DIST

Cas d'exception : I, 3, 4 p. 43

b) DIFF < I80 (cas 2)

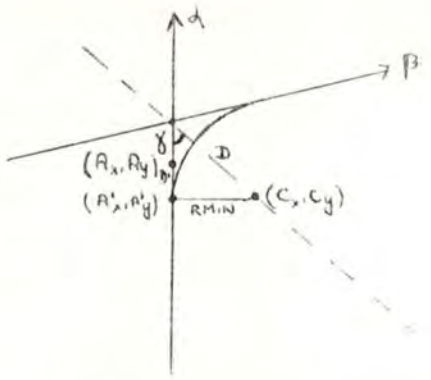
Dans ce cas, l'avion ne peut atteindre le point et le cap désirés par un simple virage : un S-TURN est nécessaire.

Voir le détail des calculs p. 47 (I.2.2.5)

B) Il n'y a pas de contrainte sur le point de départ.

. Le point d'intersection se trouve devant l'avion

- calcul du point de départ d'un virage avec rayon minimum



Hyp. On a deux droites sécantes A et B avec A = (angle α, point (A_x, A_y)) et B = (angle β, point NAV). DIFF < I80° et (A_x, A_y) précède (I_x, I_y).

Il faut calculer le point $(A'_x, A'_y) \in A$.

Soit (C_x, C_y) le point d'intersection de la bissectrice des deux droites A et B et de la perpendiculaire au point (A'_x, A'_y) à la droite A.

Par construction, (C_x, C_y) est le centre du virage à rayon minimum d'un avion commençant son virage en (A'_x, A'_y) et le terminant sur la radiale B.

Calcul

I. Calcul de l'angle $\gamma = \frac{I80 - DIFF}{2}$, on a $0 < \gamma < 90$

2. Calcul de D = distance entre (I_x, I_y) et (C_x, C_y)

   On a $D = \frac{R}{SIN(\gamma)}$

3. Calcul de D' = distance entre (I_x, I_y) et (A'_x, A'_y)

   on a $D' = D * COS(\gamma)$

4. Calcul de $A'_x = I_x - COS(\alpha)\ D'$

   $A'_y = I_y - SIN(\alpha)\ D'$

- La modification du point de départ est-elle possible ?

Calcul

I. Si (A_x, A_y) précède (A'_x, A'_y) ,

   alors si dist$((A_x, A_y), (A'_x, A'_y)) < 5$ KM

   alors la modification est possible

2. Si (A_x, A_y) suit (A'_x, A'_y) ,

alors si (dernier segment traduit est droit) ET

(sa longueur dist$((A_x, A_y), (A'_x, A'_y))$

alors la modification est possible

Si la modification est possible alors

(cas I)

Ier segment CANAR droit : longueur dist$((A_x, A_y), (A'_x, A'_y))$

(à ajouter ou retrancher du segment précédent)

2ème segment courbe :

I. sens : SENS

2. rayon : RMIN

3. angle : DIFF

- calcul de la fin du deuxième segment courbe P
  - calcul du centre du virage (voir p. 41)
  - calcul de la fin du virage (voir p. 41)
- l'avion doit encore parcourir la distance séparant P de NAV.
  = DIST

3ème segment droit : longueur DIST

sinon

(cas 2)

On considère qu'il y a une contrainte sur le point de départ,

voir calculs p.

Cas d'exception

voir points 2,4 p. 43

. Le point d'intersection se trouve derrière l'avion (cas 3)

On considère qu'il y a malgré tout une contrainte sur le point de départ. Voir calculs p. 42

Calcul des autres résultats

(B_x, B_y) la nouvelle position de l'avion est le point NAV

I.2.2.5 STURN

Données	(A_x, A_y)	Position de l'avion
	α	Cap initial de l'avion
	β	Cap final à atteindre
	NAV	Point à survoler
	RMIN	Rayon minimum du virage
	SENS	Sens du virage (I=droit, -I=gauche)
Résultats	(B_x, B_y)	Position de l'avion
	β	Cap de l'avion
	4 segments CANAR	(C, D, C, D)
	+ I segment droit si dernier segment traduit courbe	

Calculs

Le STURN consiste à adopter un cap faisant un angle de 45° avec avant d'adopter lui-même.

Calcul du cap intermédiaire :

Si SENS = -I alors $\gamma = \beta + 45°$ (si $\gamma \geq 360°$ alors $\gamma = \gamma - 360°$)

Si SENS = I alors $\gamma = \beta - 45°$ (si $\gamma < 0°$ alors $\gamma = \gamma + 360°$)

- calcul du Ier virage :

  ce calcul revient au mouvement de base CAP avec comme données : $((A_x, A_y), \alpha, \gamma, SENS, RMIN)$.

  les résultats de ce calcul sont :

  Position de l'avion (PT_x, PT_y), cap intermédiaire γ,

  un segment CANAR courbe

- calcul du segment de droite joignant les deux virages et du virage terminal :

  Ce calcul revient au mouvement de base RADIALE avec comme données : $((PT_x, PT_y), \gamma, \beta, NAV, CONTPD=Faux, RMIN, -SENS)$

  les résultats de ce calcul sont :

  Position de l'avion NAV, cap final β, trois segments CANAR (D,C,D)

- résultats de STURN :

  (B_x, B_y) = NAV

  Cap de l'avion β = cap final

  4 segments CANAR (I de CAP + 3 de RADIALE)

Cas d'exception

I. Le dernier segment CANAR traduit est courbe : il faut avant tout calcul insérer un segment droit de longueur arbitrairement petite.

2. La direction du virage doit être la bonne.

   Si "(A_x, A_y) est à gauche"de la radiale à atteindre, alors la direction doit être droite (I)

   Si "(A_x, A_y) est à droite" de la radiale à atteindre, alors la direction doit être gauche (-I)

traitement : message d'erreur et arrêt du programme

Comment déterminer la position d'un point par rapport à une droite géométrique ? Notions de "droite" et de "gauche"

Soit une droite géométrique dont on connaît l'équation. Cette équation est de la forme Ax + By + C = 0. Considérons la fonction Ax + By + C. L'équation d'une droite admet comme solution l'ensemble des couples de points (x,y) qui annulent la fonction.

Toute droite partage le plan en deux demi-plans.
L'ensemble des points appartenant à un demi-plan donnent à la fonction une valeur négative : on appelle ce demi-plan la région négative de la droite.
L'ensemble des points appartenant à l'autre demi-plan donnent à la fonction une valeur positive : on appelle ce demi-plan la région positive de la droite.
On peut raccrocher ce concept à celui de droite et de gauche.
Le demi-plan gauche de la droite est la région positive.
Le demi-plan droit de la droite est la région négative.

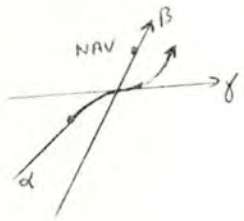
Ce concept ne s'applique qu'aux droites orientées. L'équation de la droite doit donc permettre de distinguer deux droites identiques du point de vue géométrique mais dont l'orientation est inverse l'une de l'autre.
Une telle équation $A= -SIN(\alpha)$, $B = COS(\alpha)$, $C = PT_x\ SIN(\alpha) - PT_y\ COS(\alpha)$ permet de distinguer le sens de la droite.

3. Le STURN doit être possible.

Le STURN est impossible si, malgré l'utilisation du rayon minimal, l'avion se trouve trop près de la radiale

pour la rejoindre par un STURN normal.

Ex.



L'utilisation du rayon minimal ne permet à l'avion que de rejoindre une radiale parallèle à la radiale du point NAV.

Calcul :

On calcule successivement :

- centre du Ier virage (avec rayon minimum)
- fin du Ier virage
- centre du 2nd virage (avec rayon minimum)
- fin du 2nd virage PT

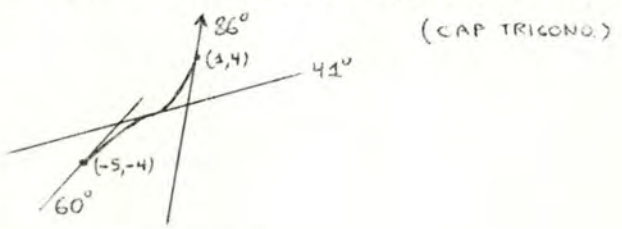
On compare la position de (A_x, A_y) et de PT.

S'ils sont situés du même coté de la radiale (d'arrivée), c'est que le STURN est possible.

traitement : si le STURN est impossible, message d'erreur et arrêt du programme.

Exemple de calcul du STURN

Soit le texte : RIGHT TO INTERCEPT TR 002 M TO BUB



I. Le sens est-il le bon ?

Le point de départ (-5,-4) est à gauche de la droite d'arrivée (car la fonction -SIN(86)(-5)+COS(86)(-4)+(I)SIN(86) -(4)COS(86) est positive)

Le sens proposé est la droite ⟶ OK

2. Le STURN est-il possible ?

Le calcul du point d'arrivée d'un double virage à rayon minimum donne (B_x = -3.645, B_y = -2.590).
La fonction de la droite d'arrivée est positive en ce point, les points (A_x,A_y) et (B_x,B_y) sont donc situés du même côté de la droite d'arrivée, le STURN est donc possible.

I.2.2.6 POINT

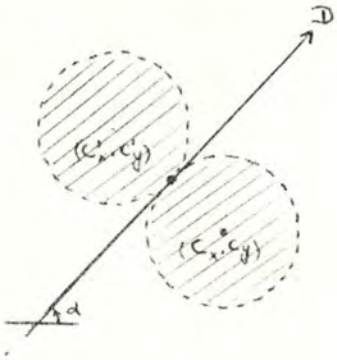
Données	(A_x,A_y)	Position de l'avion
	α	Cap de l'avion
	NAV	Point à survoler
	CONTPD	Indicateur si il y a contrainte sur le point de départ (vrai,faux)
	RMIN	Rayon minimum du virage
	SENS	Sens du virage (I=droit,-I=gauche)
Résultats	(B_x,B_y)	Position de l'avion
	β	Cap de l'avion
	2 segments CANAR	(C,D) (*) (cas I)
	2 segments CANAR	(D,C) (cas 2)

(*) + I segment droit si dernier segment traduit courbe

Calculs

Deux cas sont à distinguer :

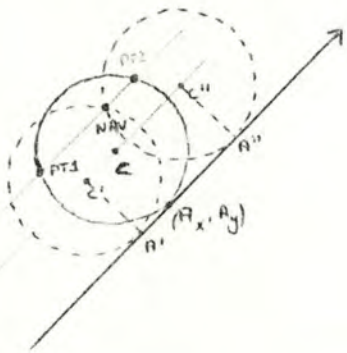
I. L'avion peut atteindre le point à partir de l'endroit où il se trouve.
2. Le rayon minimum de l'avion l'empêche d'atteindre ce point à partir de l'endroit où il se trouve.



Soit un point (A_x, A_y) et une droite D d'angle α.
Tout point situé dans une zone hachurée est inaccessible à partir du point (A_x, A_y).
Cette zone hachurée se détermine comme suit :
soit (C_x, C_y) le centre d'un cercle de rayon RMIN (virage à droite)
soit (C'_x, C'_y) le centre situé de l'autre coté de la droite (virage vers la gauche). Tout point situé dans les aires de ces deux cercles est inaccessible par un vol normal.

- I. Calcul du centre du virage C (voir p. 41)
- 2. Si (la distance entre C et NAV est inférieure à RMIN)
  alors procédure de calcul n° I
  sinon procédure de calcul n° 2

Procédure de calcul n° I (cas 2)



- soit (A_x, A_y) la position de l'avion
- soit NAV la position à atteindre
- soit C le centre d'un virage à rayon minimum dans la direction proposée

La distance (C, NAV) est RMIN

Calcul de la trajectoire

Considérons la droite D définie par l'angle α (angle de la droite de départ) et le point NAV. Cette droite est parallèle à la droite de départ. D coupe le cercle de centre C et de rayon RMIN en deux points PTI et PT2.
Considérons la distance (NAV,PT2) et (NAV,PTI).
Si l'avion entame son virage plus tôt sur la droite de départ d'une distance (NAV,PT2), NAV sera à ce moment situé sur le cercle de son virage (centre C', rayon RMIN).
Si par contre, l'avion entame son virage plus tard sur la droite de départ d'une distance (NAV,PTI), NAV sera à nouveau situé sur le cercle de son virage (centre C'', rayon RMIN).

Choix de la trajectoire : Si l'avion peut reculer d'une distance (NAV,PT2), il commence son virage en A', sinon il commencera son virage en A''

Résultats :

(B_x, B_y) = NAV
Calcul de β

soit γ = angle de la droite passant par les points C' (C''),NAV

si virage à gauche : $\beta = \gamma + 90°$ ($-360°$ si $\beta \geq 360°$)

si virage à droite : $\beta = \gamma - 90°$ ($+360°$ si $\beta < 0°$)

I segment CANAR droit de longueur (NAV,PTI) ou (NAV,PT2)
(Si segment CANAR précédant droit, à ajouter ou retrancher de ce segment selon le cas)
I segment CANAR courbe

1. sens : SENS
2. rayon : RMIN
3. angle : DIFF (voir p. 43)

Calcul des points d'intersection PTI et PT2 de la droite définie par α et NAV et du cercle de centre C et de rayon RMIN

L'équation d'une droite qui passe par un point NAV et qui fait un angle avec l'axe OX est :

$$y - y_I = (x - x_I)\ tg\ (\alpha)$$

$$y = tg\ (\alpha)\ x - (y_I - x_I\ tg\ (\alpha))$$

Posons $A = tg\ \alpha$

$$B = y_I - x_I\ tg\alpha$$

Pour trouver les deux points PTI et PT2, je dois résoudre

$$\begin{cases} y = Ax + B & (I)\ \text{équation de la droite} \\ (y-C_2)^2 + (x-C_I)^2 - R^2 = 0 & (2)\ \text{équation du cercle} \end{cases}$$

J'injecte (I) dans (2)

$$(Ax + B - C_2)^2 + (x - C_I)^2 - R^2 = 0$$

$$(Ax + B)^2 - 2(Ax + B)C_2 + C_2^2 + x^2 - 2xC_I + C_I^2 - R^2 = 0$$

$$A^2x^2 + 2AxB + B^2 - 2AxC_2 - 2BC_2 + C_2^2 + x^2 - 2xC_I + C_I^2 - R^2 = 0$$

$$(A^2+I)x^2 + (2AB-2AC_2-2C_I)x + (B^2-2BC_2+C_2^2 + C_I^2 - R^2) = 0$$

Posons $CA = A^2 + I$

$$CB = 2AB - 2AC_2 - 2C_I$$

$$CC = (B-C_2)^2 + C_I^2 - R^2$$

Il vient $$PTI_x = \frac{-CB - \sqrt{(CB)^2 - 4CA.CC}}{2.CA}$$

$$PT2_x = \frac{-CB + \sqrt{(CB)^2 - 4CA.CC}}{2.CA}$$

$$PTI_y = A*PTI_x + B$$

$$PT2_y = A*PT2_x + B$$

Cas d'exception

I. Le dernier segment CANAR traduit est courbe.

Traitement : avant tout calcul, insérer un segment droit de longueur arbitrairement petite.

2. Le point NAV se trouve sur la circonférence.

Traitement : Le même calcul peut être employé, on obtiendra PT2 = NAV, ce qui ne pose aucun problème.

3. Si $\alpha = 90°$ ou $270°$ alors $TAN(\alpha) = \infty$

Traitement : $PTI_x = NAV_x$

$PT2_x = NAV_x$

$$PTI_y = C_y - \sqrt{-(PTI_x - C_x)^2 + RMIN^2}$$

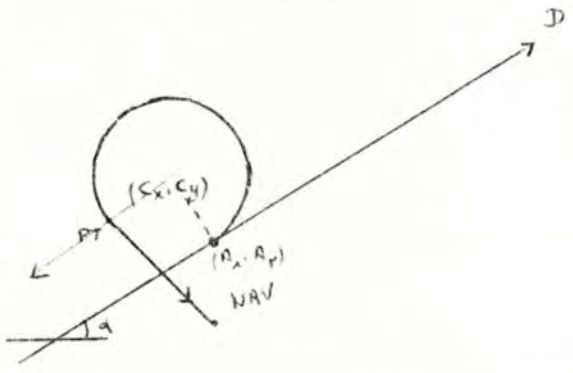
$$PT2_y = C_y + \sqrt{-(PT2_x - C_x)^2 + RMIN^2}$$

4. CA = 0 ; impossible car $CA = A^2 + I$

5. Il y a une contrainte sur le point de départ

Traitement : Message d'erreur et arrêt du programme.

Procédure de calcul n° 2



- soit une droite D $((A_x, A_y),)$
- soit un point NAV $\notin$ C, $\notin$ D
- soit un cercle C de centre (C_x, C_y) et de rayon RMIN

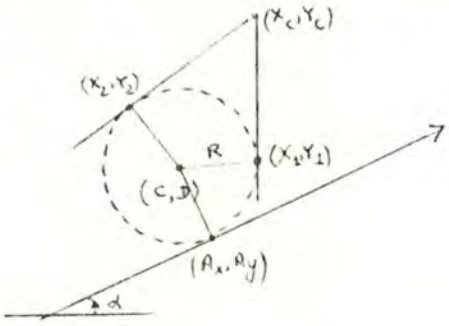
déterminer (PT_x, PT_y) , un des deux points de tangeance du cercle avec une droite passant par NAV.

Une fois déterminées les coordonnées de ce point PT, il vient la trajectoire CANAR est composée :

d'un segment courbe de rayon RMIN, de sens SENS et d'angle DIFF

d'un segment droit de longueur (PT,RMIN).

Calcul des deux points de tangeance PTI et PT2



Les points (x_I, y_I) et $(x_2, y_2) \in$ droite, $\in$ cercle.

I. équation de la droite $Y = Ax + B$

le point $(x_c, y_c) \in$ droite $\Rightarrow$ $y_c = Ax_c + B$

$$y = Ax - Ax_c + y_c$$

$$y = A(x - x_c) + y_c$$

2. équation du cercle $(x - c)^2 + (y - d)^2 = R^2$

Il faut donc résoudre cette équation en sachant que y $\in$ droite $\Rightarrow$ on remplace y par sa valeur dans l'équation de la droite.

$$(x - c)^2 + (A(x - x_c) + y_c - d)^2 = R^2$$

Il reste une inconnue A. Une fois fixée la valeur de A, l'équation admet une solution unique (car la droite est tangente au cercle) : réécrivons l'équation en fonction des puissances de x $(Ax^2 + Bx + C = 0)$

$$x^2 - 2xC + C^2 + (Ax - Ax_c + y_c - d)^2 = R^2$$

$$\left[A^2+I\right]x^2 + \left[-2(c+A(Ax_c-y_c+d))\right]x + \left[(-Ax_c+y_c-d)^2-R^2+c^2\right] = 0$$

Le réalisant de cette équation est nul (car une seule solution en x) $b^2 - 4ac = 0$

$$\left[-2(c+A(Ax_c-y_c+d))\right]^2 - 4\left[A^2+I\right]\left[(-Ax_c+y_c-d)^2-R^2+c^2\right] = 0$$

Il faut réécrire l'équation avec A comme variable

$$4(A^2x_c+c+A(d-y_c))^2-4\left[A^2+I\right]\left[A^2x_c^2-2Ax_c(y_c-d)+(y_c-d)^2-R^2+c^2\right] = 0$$

$$(A^2x_c+c+A(d-y_c))^2-(I+A^2)(A^2x_c^2-2Ax_c(y_c-d)+(y_c-d)^2-R^2+c^2) = 0$$

$$A^4x_c^2+(c+A(d-y_c))^2+2A^2x_c(c+A(d-y_c))-A^2x_c^2+2Ax_c(y_c-d)-(y_c-d)^2$$

$$+R^2-c^2-A^4x_c^2+2A^3x_c(y_c-d)-A^2(y_c-d)^2+A^2R^2-A^2c^2 = 0$$

$$c^2+A^2(d-y_c)^2+2cA(d-y_c)+2A^2x_cc+2A^3x_c(d-y_c)-A^2x_c^2+2Ax_c(y_c-d)$$

$$-(y_c-d)^2+R^2-c^2+2A^3x_c(y_c-d)-A^2(y_c-d)^2+A^2R^2-A^2c^2 = 0$$

$$\left[2x_cc - x_c^2 - c^2 + R^2\right]A^2 + \left[2(d-y_c)(c-x_c)\right]A + \left[R^2-(y_c-d)^2\right] = 0$$

$$\rho = \left[2(d-y_c)(c-x_c)\right]^2 - 4\left[R^2-(x_c-c)^2\right]\left[R^2-(y_c-d)^2\right]$$

$$A = \frac{(y_c-d)(c-x_c) \pm \sqrt{(y_c-d)^2(c-x_c)^2-(R^2-(x_c-c)^2)(R^2-(y_c-d)^2)}}{R^2-(x_c-c)^2}$$

Maintenant qu'on a les deux valeurs de A, il suffit de résoudre l'équation en x :

$$PTI_x = \frac{c + A_I(A_Ix_c-y_c+d)}{A_I^2 + I} \qquad PTI_y = A_I(PTI_x-x_c)+y_c$$

$$PT2_x = \frac{c + A_2(A_2x_c-y_c+d)}{A_2^2 + I} \qquad PT2_y = A_2(PT2_x-x_c)+y_c$$

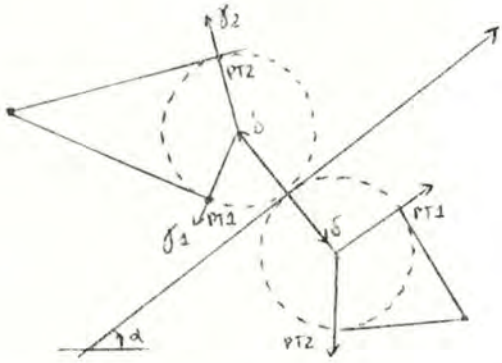
Quel point est le bon de PTI et PT2 ?

Soit γ_1 = l'angle de la droite allant du centre vers PTI

Soit γ_2 = l'angle de la droite allant du centre vers PT2

Soit δ = - 90° si virage à gauche

+ 90° si virage à droite



Deux distinctions sont à faire :

-I. Sens du virage

-2. Position du point à survoler par rapport à la radiale d'origine (gauche ou droit)

Calculons DIFFI = $\gamma_1 - \delta$

DIFF2 = $\gamma_2 - \delta$

Si (virage à gauche) et (point à gauche) et (DIFFI DIFF2) alors PT=PT2

Si (virage à gauche) et (point à gauche) et (DIFFI DIFF2) alors PT=PTI

Si (virage à gauche) et (point à droite) et (DIFFI DIFF2) alors PT=PTI

Si (virage à gauche) et (point à droite) et (DIFFI DIFF2) alors PT=PT2

Si (virage à droite) et (point à droite) et (DIFFI DIFF2) alors PT=PTI

Si (virage à droite) et (point à droite) et (DIFFI DIFF2) alors PT=PT2

Si (virage à droite) et (point à gauche) et (DIFFI DIFF2) alors PT=PT2

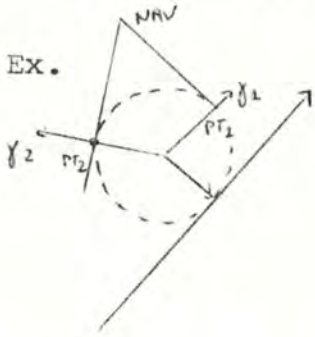
Si (virage à droite) et (point à gauche) et (DIFFI DIFF2) alors PT=PTI

Conclusion : le sens du virage importe peu :

Si le point est à gauche de la droite, on prend le point dont la différence est la plus petite.

Si le point est à droite de la droite, on prend le point dont la différence est la plus grande.

Ex.



$\delta = 45 - 90 = -45\ (+360) = \underline{315}$

DIFF1 $= \gamma_1 - \delta = 40 - 315 = -275\ (+360) = \underline{85}$

DIFF2 $= \delta - \gamma_2 = 135 - 315 = -180\ (+360) = \underline{180}$

DIFF1 < DIFF2 et NAV est à gauche de la droite ⇒ le bon point est PT1

Résultats

(B_x, B_y) = NAV

Calcul de β

soit γ = angle de la droite passant par C et PT

si virage à gauche : $\beta = \gamma + 90°$ ($-360°$ si $\beta > 360°$)

si virage à droite : $\beta = \gamma - 90°$ ($+360°$ si $\beta < 0°$)

I segment CANAR courbe

I. sens : SENS

rayon : RMIN

angle : DIFF (voir p.43)

I segment CANAR droit de longueur (PT, NAV)

Cas d'exception

I. Le dernier segment CANAR traduit est courbe.

Traitement : avant tout calcul, insérer un segment droit de longueur arbitrairement petite.

2 MODULE PLOTTING

Les calculs effectués par ce module étant directement dépendants de la programmation et des routines graphiques utilisées, j'ai préféré détailler ceux-ci dans la partie "informatique" de la conception, soit en p. 79

PRESENTATION DES ROUTINES

I. SIDCAN

Spécifications

Le programme principal SIDCAN affiche un menu à l'écran.
L'utilisateur a le choix entre

- la traduction d'un texte-SID particulier
- la sortie graphique d'un texte-SID particulier
- sortie du programme

Algorithme

Répéter

| -affichage du menu
| -lecture de la réponse de l'utilisateur
| -selon la réponse de l'utilisateur -appel TRADUCTION
| -appel PLOTTING

jusqu'à ce que l'utilisateur désire sortir du programme

Principales variables

REPONSE	Character*1	réponse de l'util.	Var. locale

2. TRADUCTION

Spécifications

La S-R TRADUCTION effectue la traduction d'un texte-SID spécifié par l'utilisateur en une trajectoire CANAR.

Algorithme

- effectuer les initialisations — INITIALISATIONS
- lire un mot du Texte-SID — LIREMOT
- tant que 'on n'a pas tout lu'
  - lire une phrase — LIREPHRASE
  - analyser la phrase — ANALYSEPHRASE
  - traduire la phrase — TRADUCPHRASE
- fin tant que
- clôture — CLOTURE

Principales variables

PHRASE	Character*20	Phrase en cours de traduc.	Var. locale
NUMSUB	Integer	Numéro du mouvement de base de la phrase traduite	Var. locale

3. INITIALISATIONS

Spécifications

La S-R effectue les initialisations nécessaires au bon fonctionnement de la sous-routine TRADUCTION, c-à-d :

I. Sur demande de l'utilisateur, initialisation du
   - nom du texte-SID à traduire
   - nom de l'aéroport
   - numéro de la piste de décollage
2. Lecture des fichiers et stockage des données dans des tableaux accessibles aux différentes routines spécialisées (variables COMMON)
3. initialisations nécessaires relatives aux transformations

COORD. GEO. ⟶ COORD.CART.

Calculs effectués conformément aux principes expliqués p.

4. Initialisation des structures de données permettant le calcul et le stockage des résultats -trajectoire CANAR
-graphiques

Principales variables

I. Structures de données externes voir p. 1 (Annexes)

2. Structures de données internes

AIRPORT	Character*I5	Nom de l'aéroport	commune GEN
SIDLAB	Character*IO	Libellé du texte-SID à traduire	commune GEN
RWY	Integer	Numéro de la piste de décollage	commune GEN
RECIP	Inceger	Numéro de la piste de décollage inverse	locale
DVM	Real*8	Déviation magnétique	commune GEN
CTRLONG	Character*IO	Coordonnées géograph.	locale
CTRLAT	Character*IO	du centre de l'aéroport	locale
RWYLONG	Character*IO	Coordonnées géographiques	locale
RWYLAT	Character*IO	du début de la piste	locale
RECLONG	Character*IO	Coordonnées géographiques	locale
RECLAT	Character*IO	de la fin de la piste	locale
SID	Character*250	Texte-SID à traduire	commune INITSCAN
NAVDAT	tableau(1:34,1:4) de Character*IO	Nom, type et c.g. de tous les points de repère	commune GEN
MASK	Tableau(1:99) de character*20	Masques de toutes les phrases possibles(p.)	commune INITANAL

TRAJ	tableau(1:99) de integer	Numéro du mouvement de base de chaque masque	commune	INITANAL
DICT	Tableau(1:13) de character*10	mots-clés possiblesd'un texte-SID	commune	INITSCAN
X,Y,Z	Real*8	paramètres de conversion	commune	COORD
XN,XE	tableau(1:3) de real*8	coord. géog.→ coord. car. selon technique p.		
LASTPT	tableau(0:1) de Real*8	Coord. Cart. de la position courante de l'avion	commune	TRACK
LASTANG	Real*8	Cap courant de l'avion	commune	TRACK
RWYLENGHT	Real*8	longueur de la piste	commune	TRACK
TRACK	tableau(1:45,1:2) de Real*8	trajectoire traduite selon format CANAR	commune	TRACK
ITRACK	Integer	Nombre de segments CANAR déja traduits	commune	TRACK
POINTS	tableau(1:10,0:1) de real*8	Coord. Cart. des points de début et fin des segments CANAR	commune	TRACK
IPOINT	Integer	Nombre de points déjà stockés	commune	TRACK
CENT	tableau(1:10,0:1) de real*8	Coord. Cart. des centres des segments courbes	commune	TRACK
ICTR	Integer	Nombre de centres de sements courbes traduits	commune	TRACK
NBNAV	Integer	Nombre courant de points de repères utilisés	commune	TRACK
NAVUSED	tableau(1:30,1:2) de character*10	noms et types des points de repères utilisés	commune	TRACK

NAVCOORD	tableau(1:31,0:1) de real*8	Coord. Cartés. des points de repère utilisés	commune TRACK
MAXTRACK	Integer	Nombre maximum de segments CANAR	commune TRACK
RMIN	Real*8	Rayon minimum du virage	commune TRACK

4. LIREPHRASE

Spécifications

La S-r LIREPHRASE effectue la lecture d'une phrase, la fabrication du masque de cette phrase et le stockage des paramètres nécessaires à la traduction de cette phrase.

Algorithme

Tant que (il y a encore des mots à lire) ET (on n'a pas lu un délimiteur de phrase)

- Si le mot lu est un nombre alors stocker le nombre
- Si le mot lu est un identificateur alors stocker l'identificateur
- coder le mot-lu et le rajouter au masque
- lire un mot

Fin tant que

Principales variables

PHRASE	Character*20	Masque de la phrase en cours de lecture	paramètre
TNOMBRE	tableau(1:10) de Real*8	table des nobres se trouvant dans la phrase traduite	commune TRADUC

TIDENTIF	tableau (1:10) de character*10	Table des identificateurs se trouvant dans la phrase traduite	commune TRADUC

5. LIREMOT

Spécifications

La S-R LIREMOT effectue la lecture du prochain mot sur le support d'entrée et renvoie le type du symbole de base (TYPMOT) et éventuellement sa valeur (MOTLU,NBRELU).

Algorithme

- sauter les caractères ' '
- Si le caractère lu est un point alors typmot = 'point'
  sinon si le caractère lu est une lettre alors
  -lire MOTLU
  -si MOTLU est dans DICT alors typmot = 'mot-réservé'
  sinon typmot = 'identificateur'
  sinon si le caractère lu est un chiffre alors
  -lire NBRELU
  -typmot = 'nombre'
  sinon erreur et arrêt du programme

Principales variables

SID (voir p.63)

PS	Integer	Pointeur vers caractère courant du SID	commune INITSCAN
TYPMOT	Integer	Type du symbole de base lu	commune SCAN

MOTLU	Character*IO	Identificateur lu	commune SCAN
NBRELU	Real*8	Nombre lu	commune SCAN
DICT	(voir p. 63)		

6. ANALYSEPHRASE

Spécifications

La S-R ANALYSEPHRASE détermine à partir du masque d'une phrase-SID PHRASE le mouvement de base correspondant NUMSUB

Algorithme

MASK(nbrephrases) = PHRASE

I = I

Tant que (MASK(I) = PHRASE) I=I+I Fin tant que

Si (I=nbrephrases) alors erreur et arrêt du programme

NUMSUB = TRAJ(I)

Variables principales

MASK voir p. 63

TRAJ voir p. 63

NBREPHRASES	integer	Nombre de masques possibles	var. locale
PHRASE	Character*20	Masque de la phrase en cours d'analyse	paramètre (Arg)
NUMSUB	integer	Numéro du mouvement de base correspondant à PHRASE	paramètre (Rés)

7. TRADUCPHRASE

Spécifications

La S-R TRADUCPHRASE effectue la traduction d'une phrase-SID

dont le mouvement de base est NUMSUB, les paramètres de mouvement étant stockés dans TNOMBRE et TIDENTIF.

Algorithme

Avant d'appeler la sous-routine correspondante à la valeur de NUMSUB, TRADUCPHRASE effectue les conversions nécessaires (par appel des S-R correspondantes).

I. CONVNAV

conversion (coord. géo.⟶ coord. cart.) et stockage dans NAVUSED et NAVCOORD des points de repère utilisés.

2. CONVCAP

conversion cap magnétique ⟶ cap trigonométrique selon la formule p. 34

3. CONVDIR

conversion du sens du virage selon la convention :

RIGHT I

LEFT -I

4. CONVKM

conversion NM→KM des distances

Principales variables

NUMSUB	integer	Numéro du mouvement de base I. Segment droit 2. Radiale sans contr. 3. Radiale avec contr. 4. Survol sans contr.	paramètre (arg)

5. Survol avec contr.
6. Sturn sans contr.
7. Sturn avec contr.
8. Cap sans contr.
9. Cap avec contr.

TNOMBRE	voir p. 65		
TIDENTIF	voir p. 65		
CONTPD	logical	variable logique indiquant s'il y a contrainte sur le point de départ	var. locale
CP	Real*8	Cap à atteindre (par. d'un M.B)	var. locale
NAV	tableau(0:1) de real*8	Point de repère à survoler (paramètre d'un M.B.)	var. locale
SENS	Integer	Sens du virage (par. d'un M.B.)	var. locale

8. STRAIGHT

Spécifications

La S-R STRAIGHT assure la traduction du mouvement de base "Droite"

Algorithme

- Si (le M.B est un décollage) alors DIST = DIST - RWYLENGHT
- Calcul du point d'arrivée du segment CANAR correspondant
- Sauvetage du segment droit et m-à-j des variables globales (S.R. SAVESTRAIGHT)

Principales variables

DIST	Real*8	Distance à parcourir (KM)	paramètre (arg)

RWYLENGHT	Real*8	Longueur de la piste (KM)	commune GEN
ENDPT	tableau(1:4) de Real*8	Point d'arrivée du segment droit	var. locale

9. RADIALE

Spécifications

La S-R RADIALE effectue la traduction du mouvement de base RADIALE conformément aux principes de calcul expliqués p.42

Algorithme

- calcul de l'angle du virage DIFF — DIFFANG
- si (il y a contrainte sur le pt de dép.) alors calcul-I
  sinon calcul-2
- calcul du centre du virage C — CTRVIR
- calcul de la fin du virage PTFIN — FINVIR
- stockage du segment courbe CANAR et m-à-j des variables globales — SAVECURVE
- calcul du segment droit et stockage, m-à-j des variables globales — SAVESTRAIGHT
- CALCUL-I

Si (le point d'intersection I se trouve derrière l'avion) alors
Si (l'angle du virage < I80°) alors
effectuer le mouvement de base Sturn
sinon
calcul du rayon du virage R
si R < RMIN alors erreur !

sinon

Si (l'angle du virage > I80°) alors erreur !

calcul du rayon du virage R RAYON

si (R < RMIN) alors erreur !

- CALCUL-2

R = RMIN

Si (le point d'intersection I se trouve derrière l'avion) alors

mouvement de base RADIALE avec contrainte

sinon

si (l'angle du virage > I80°) alors erreur !

calcul du point de départ du virage et modification

éventuelle du dernier segment CANAR PTDEPART

si modification impossible alors

mouvement de base RADIALE avec contrainte

Principales variables

CONTPD	logical	Variable logique indiquant s' il y a contrainte sur le pt de dép.	paramètre (arg)
SENS	Integer	Sens du virage	paramètre (arg)
DIFF	Real*8	Angle du virage	var. locale
BETA	Real*8	Cap à atteindre	paramètre (arg)
LASTPT	tableau(o:1) de real*8	Position courante de l'avion	commune TRACK
LASTANG	Real*8	Cap courant de l'avion	commune TRACK
NAVAID	tableau(o:1) de real*8	Point de repère à survoler	paramètre (arg)
R	Real*8	Rayon du virage (KM)	var. locale

C	tableau(0:1) de real*8	Centre du virage (KM)	var. locale
PTFIN	tableau(0:1) de real*8	Fin du virage (KM)	var. locale

IO. SURVOL

Spécifications

La S-R SURVOL effectue la traduction du mouvement de base SURVOL conformément aux principes de calcul expliqués p. 51

Algorithme

- Calcul du centre du virage C — CTRVIR
- Calcul de DIST = C - NAVAID — DIST
- Si (DIST ≤ RMIN)
  alors calcul-I
  sinon calcul-2

CALCUL-I

- Calcul des deux points d'intersection PTI, PT2 de la droite (NAVAID, LASTANG) avec le cercle du virage. — INTERSECT
- Calcul de la distance (NAVAID, PTI) (NAVAID, PT2) — DIST
- Choix du pt PT et modification du point de départ
- Calcul du nouveau cap NEWANG
- Calcul de l'angle du virage DIFF — DIFF
- Stockage du segment courbe CANAR et m-à-j des variables globales — SAVECURVE

CALCUL-2

- Calcul des deux points PTI et PT2 de tangeance du cercle

avec une droite passant par NAVAID

- Choix du bon point PT
- Calcul du nouveau cap NEWANG
- Calcul de l'angle du virage DIFF DIFF
- Stockage du segment courbe CANAR et m-à-j des variables globales SAVECURVE
- Calcul de la distance (PT, NAVAID) DIST
- Stockage du segment droit CANAR et m-à-j des variables globales STRAIGHT

Principales variables

NAVAID	tableau(0:1) of real*8	point à survoler	paramètre (Arg)
SENS	Integer	Sens du virage	paramètre (Arg)
C	tableau(0:1) of real*8	Centre du virage	paramètre (Arg)
LASTPT	tableau(0:1) of real*8	Position courante de l'avion	commune TRACK
LASTANG	Real*8	Cap courant de l'avion	commune TRACK
PTI, PT2	tableau(0:1) of real*8	Points du cercle du virage	var. locale
PT	tableau(0:1) of real*8	Point de fin du virage	var. locale
DIFF	Real*8	Angle du virage	var. locale
NEWANG	Real*8	Nouveau cap de l'avion	var. locale

II. STURN

Spécifications

La sous-routine STURN assure la traduction du mouvement de base STURN conformément aux principes de calcul p.47

Algorithme

- contrôle-I
- contrôle-2
- calcul du cap intermédiaire GAMMA
- appel de la S-R CAP avec paramètres :
  (GAMMA, SENS)
- appel de la S-R RADIALE avec paramètres
  (BETA, NAVAID, -SENS, .FALSE.)

Contrôle I

(contrôle si le sens du virage est conforme au cap à atteindre)
Si (LASTPT est situé à gauche de la droite (NAVAID, BETA)
Alors S = I
Sinon S = -I
Si (SENS = -S) alors erreur !

Contrôle 2

(contrôle si le STURN est possible)
- calcul du point d'arrivée du second virage
- Si (les point de départ et d'arrivée ne sont pas
  situés du même coté de la droite d'arrivée)
  alors erreur !

Principales variables

SENS	Integer	Sens du premier virage	paramètre (Arg)
BETA	Real*8	Cap final à atteindre	paramètre (Arg)
NAVAID	tableau(0:1) de real*8	Point à survoler	paramètre (Arg)
GAMMA	Real*8	Cap intermédiaire à atteindre	var. locale

I2. CAP

La sous-routine CAP effectue la traduction du mouvement de base CAP selon les calculs expliqués p. 40

Algorithme

- Créer un segment droit CANAR de longueur arbitrairement petite (si nécessaire) INSERERDR
- Calcul de l'angle du virage DIFF DIFF
- Calcul du centre du virage C CTRVIR
- Calcul de la fin du virage NEWPT FINVIR
- Stockage du segment courbe CANAR et m-à-j des variables globales SAVECURVE

Principales variables

BETA	Real*8	Cap final à atteindre	Paramètre (Arg)
SENS	integer	Sens du virage	Paramètre (Arg)
LASTANG	Real*8	Cap courant de l'avion	commune TRADUC
LASTPT	tableau(0:1) de real*8	Position courante de l'avion	commune TRADUC

C	tableau(0:1) de Real*8	Centre du virage	Var locale
NEWPT	tableau(0:1) de Real*8	Point de fin du virage	Var. locale
RMIN	Real*8	Rayon minimum	commune TRADUC
DIFF	Real*8	Angle du virage	Var. locale

I3. SAVECURVE

Spécifications

La S-R SAVECURVE effectue le stockage

I. des éléments constitutifs d'un segment CANAR courbe

selon le format CANAR (voir p. 15)

2. d'informations additionnelles :

Centre du virage en C.C. et NM

Fin du segment courbe

et la m-à-j des variables globales LASTPT et LASTANG.

Algorithme

- Ier élément du TRACK = ANGLE
- 2nd élément du TRACK = SENS*RAYON (converti en NM)
- LASTPT = ENDPOINT
- LASTANG = ENDANG
- Stocker CTR dans le tableau CENT
- Stocker ENDPOINT dans le tableau POINT

Variables principales

RAYON	Real*8	Rayon du virage (KM)	paramètre (Arg)
ANGLE	Real*8	Angle du virage	paramètre (Arg)

SENS	Integer	Sens du virage	Paramètre (Arg)
ENDPOINT	tableau (0:1) de Real*8	Fin du virage	Paramètre (Arg)
ENDANG	Real*8	Cap final	Paramètre (Arg)
CTR	tableau (0:1) de Real*8	Centre du virage	Paramètre (Arg)
TRACK	Voir p. 63		
LASTPT	tableau (0:1) de Real*8	Position courante de l'avion	commune TRADUC
LASTANG	Real*8	Cap courant de l'avion	commune TRADUC
CENT	Voir p. 63		
POINT	Voir p. 63		

I4. SAVESTRAIGHT

Spécifications

La S-R SAVESTRAIGHT effectue le stockage

1. des éléments constitutifs d'un segment CANAR droit
   selon le format CANAR (voir p. 16)
2. d'informations additionnelles :
   Fin du segment droit

et la m-à-j des variables globales LASTPT et LASTANG.

Algorithme

Si (le dernier segment CANAR stocké est un segment droit)

alors - convertir DIST en NM

- prolonger le dernier segment traduit de DIST

sinon - créer un nouveau segment CANAR

Ier élément = DIST (converti en NM)

2nd élément = 0

- stocker ENDPOINT dans le tableau POINTS
- LASTPT = ENDPOINT

Variables principales

DIST	Real*8	Distance à stocker	paramètre (Arg)
ENDPOINT	tableau(0:1) de Real*8	Point d'arrivée du segment droit	paramètre (Arg)
TRACK	voir p. 63		
POINTS	voir p. 63		
LASTPT	tableau(0:1) de Real*8	Position courante de l'avion	commune TRADUC
LASTANG	Real*8	Cap courant de l'avion	commune TRADUC

I5. PLOTTING

Spécifications

La S-R PLOTTING effectue le tracé sur écran graphique
- de la trajectoire CANAR désignée par l'utilisateur
- de certains renseignements complémentaires :
  - nom de la trajectoire
  - nom de l'aéroport
  - piste de décollage

Algorithme

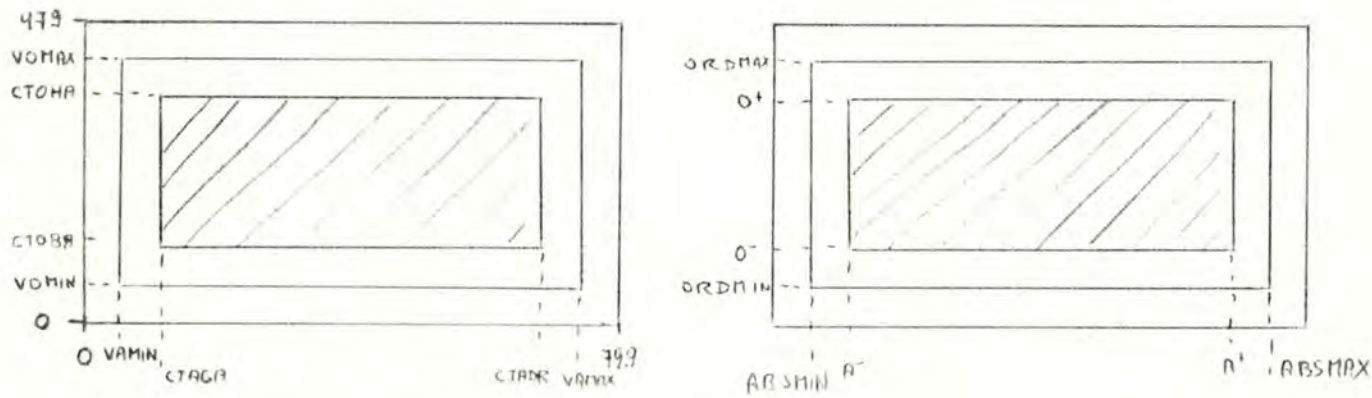
La sortie graphique des résultats fait appel aux routines graphiques suivantes : INGRAF, CLS, WINDOW, VIEWPORT, CIRCLE, VECT, POSIT, INK, CLIPPER, TEXT, EXGRAF. Les spécifications de ces routines sont données en Annexes p. 7
L'utilisation de ces routines donnent lieu à un certain nombre de calculs préalables.

Détermination du système d'axe utilisateur

Un point sur l'écran peut être spécifié en donnant ses coord. cartés. Il y a deux systèmes de coord. cartés. :
Le système de C.C. "écran". Il est fixe et est lié aux caractéristiques de l'écran. Dimensions : $0 \leq x \leq 799$, $0 \leq y \leq 479$ avec x et y comme entrées.
Le système de C.C. "utilisateur". C'est celui dans lequel sont exprimées les coordonnées des points à représenter. Dans SIDCAN, le système est en KM avec comme centre du plan, le centre de l'aéroport.

Le système d'axes "utilisateur" est spécifié par la S-R WINDOW. Cette S-R demande les valeurs min. et max. des abs. et ord. Ces valeurs seront associées avec les valeurs min. et max. des abs. et ord. du système de coordonnées "écran" (VAMIN,VAMAX,VOMIN,VOMAX). Ces valeurs sont déclarées par l'intermédiaire de la S-R VIEWPORT.

Correspondance Syst. écran Syst. utilisateur



Il existe trois zones :

- zone I : 0..799,0..479 l'écran complet
- zone 2 : VAMIN..VAMAX,VOMIN..VOMAX
  la partie de l'écran accessible aux routines graphiques
- zone 3 : CTAGA..CTADR,CTOBA..CTOHA
  la partie de l'écran effectivement utilisée pour dessiner la trajectoire

La zone 2 est spécifiée par l'instruction 'VIEWPORT'
Dans SIDCAN, la totalité de l'écran est accessible aux routines graphiques CALL VIEWPORT (0,799,0,479)
La sous-routine WINDOW permet d'associer aux valeurs (VAMIN,VAMAX,VOMIN,VOMAX) les valeurs correspondantes en

système "utilisateur".

Soient ABSMIN, ABSMAX, ORDMIN, ORDMAX les valeurs à déclarer.

I. Calcul de A^-, A^+, O^-, O^+

a) Tous les points de la trajectoire doivent figurer dans ce rectangle. On prendra donc pour valeurs de A^-, A^+, O^-, O^+ les valeurs minimum et maximum (abs et ord) de tous les points à représenter. Ceci peut être fait assez simplement par une simple boucle sur tous les points (TABLEAUX : POINTS, CENT, et NAVUSED + RWYCAR, RECCAR)

b) Pour éviter toute distorsion dans les tracés, il faut que le rapport longueur/largeur soit le même dans les deux systèmes de coordonnées. Soit RAPFEN = (CTADR-CTAGA)/(CTOHA - CTOBA) ce rapport dans le système "écran". Il faut donc adopter le même rapport pour le système utilisateur.

Si $\frac{A^+ - A^-}{O^+ - O^-} <$ RAPFEN alors il faut augmenter la longueur

longueur = longueur RAPFEN

sinon il faut augmenter la largeur

largeur = largeur/RAPFEN

On conviendra de répartir de façon égale à gauche et à droite (en haut et en bas) l'excédent de longueur (de largeur).

Ex. syst. écran RAPFEN = 4/3

syst. utilisateur $A^- = 0$, $A^+ = 100$, $O^- = 50$, $O^+ = 150$

RAP = I < RAPFEN

longueur=largeur 4/3 = 133.33

à répartir 133.33 - 100 = 33.33

$A^- = A^- - \frac{33}{2}$, $A^+ = A^+ + \frac{33}{2}$

2. Calcul de ABSMIN, ABSMAX, ORDMIN, ORDMAX

En plus du tracé de la trajectoire, l'écran doit encore contenir un certain nombre d'informations (Libellé du SID, nom de l'aéroport...).

Il faut donc encore élargir A^-, A^+, O^-, O^+ pour obtenir ABSMIN, ABSMAX, ORDMIN, ORDMAX

Dans le système écran, la différence est de

CTAGA - VAMIN	Abscisse à gauche	AG
VAMAX - CTADR	Abscisse à droite	AD
CTOBA - VOMIN	Ordonnée en bas	OB
VOMAX - CTOHA	Ordonnée en haut	OH

Il suffit de transposer ces différences dans le système utilisateur.

Soit le rapport $RAPP = \frac{CTADR - CTAGA}{A^+ - A^-}$

On a :

$ABSMIN = A^- - AG/RAPP$

$ABSMAX = A^+ + AD/RAPP$

$ORDMIN = O^- - OB/RAPP$

$ORDMAX = O^+ + OH/RAPP$

ALGORITHME

- initialiser routines graphiques	INGRAF
- effacer l'écran	CLS
- afficher cadre	CLIPPER
- afficher titres	TEXT
- afficher trajectoire	POSIT, VECT, CIRCLE

- afficher aides à la naviguation TEXT
- sortir routines graphiques EXGRAF

afficher trajectoire

- se positionner sur la fin de piste POSIT
- afficher le premier segment droit VECT
- tant qu'il y a encore des segments à afficher
  - afficher un segment courbe CIRCLE
  - afficher un segment droit POSIT,VECT

fin tant que

Variables principales

TRACK	voir p. 63		
POINTS	voir p. 63		
CENT	voir p. 63		
ITRACK	Integer	Nombre de segments CANAR	commune TRACK
IPOINT	Integer	Nombre de points (=ITRACK+I)	commune TRACK
ICENT	Integer	Nombre de centres	commune TRACK
VAMIN,VAMAX VOMIN,VOMAX	Integer	Coordonnées de la fenêtre (système "écran")	var locale
ABSMIN,ABSMAX ORDMIN,ORDMAX	Real*8	Coordonnées de la fenêtre (système "utilisateur")	var locale
RAPFEN	Real*8	Rapport longueur/largeur	var locale
RAPP	Real*8	Rapport Coord écran / Coord utilisateur	var locale
AIRPORT	Character*15	Nom de l'aéroport	commune GEN
SIDLAB	Character*10	Nom du SID	commune GEN
RWY	Integer	N° de la piste de décollage	commune GEN

E V O L U T I O N D U P R O D U I T

Possibilités d'extension

Les mouvements de base traduits par le programme SIDCAN ne représentent pas l'ensemble des mouvements de base possibles d'une trajectoire. De même, il existe un certain nombre de mots-clé non repris dans le dictionnaire des mots-clés (DICT.DAT)

Il peut donc être intéressant de vouloir modifier le programme et/ou les fichiers de façon à augmenter les possibilités du programme SIDCAN.

L'utilisation de la technique des "masques" permet une évolution assez facile du produit. Ces facilités d'évolution ne concernent que la partie "syntaxique" de la traduction, les routines spécialisées de traduction devant être réécrites ou modifiées le cas échéant.

I) on désire modifier la syntaxe d'un mouvement de base

-par l'ajout de nouveaux mots-clés

Il suffit de modifier le fichier DICT.DAT de façon à autoriser le décodage par la procédure LIREMOT de ces mots.

-par l'ajout d'un nouveau type de symbole de base

Il faut attribuer à ce nouveau type un code non encore utilisé (dans SIDCAN, codes de 'V' à 'Z')

Il faut modifier la S-R LIREMOT pour lui permettre de reconnaître ce nouveau type

Il faut modifier la S-R LIREPHRASE pour pouvoir stocker la valeur de ce type.

Il faudra peut-être rajouter un tableau TXXX pour recueillir ces valeurs.

2) On désire ajouter un mouvement de base
   - il faut modifier le fichier MASK.DAT de façon à inclure les différents masques possibles pour ce mouvement.
   - attribuer un numéro de trajectoire non encore repris. (dans SIDCAN, les numéros sont de I à 9)
   - rajouter une routine spécialisée pour traduire ce mouvement.

Automatisation

la génération des différents masques possibles pour chaque phrase SID peut être automatisée de la manière suivante :

Soit une grammaire SID décrite en BNF.
Le symbole distingué est <phrase>
La première production de la grammaire est
<PHRASE> ::= <P1> | <P2> | <P3> | ... | <PN>
Chaque alternative correspond à un type de mouvement de base.
Pour pouvoir générer l'ensemble des phrases possibles pour chaque type de mouvement de base, il faut que la grammaire possède certaines propriétés.

Soit S_1 = {symbole distingué}
S_2 = {symboles terminaux} , c'est-à-dire l'ensemble des symboles de la grammaire BNF non délimités par les caractères '<' et '>'.
S_3 = {symboles non-terminaux sans fils} = ensemble des symboles délimités par '<' et '>'.

mais qui ne figurent dans aucun membre de gauche d'
aucune production.

S_4 = {symboles non-terminaux avec fils} = ensemble des symboles délimités par '<' et '>' et tel que pour chaque symbole, il existe une production dont ce symbole constitue le membre de gauche.

Considérons la relation 'a pour fils' que nous définissons comme suit : SYM_I a pour fils SYM_2 $\Leftrightarrow \exists$ production P : SYM_I figure dans le membre de gauche et SYM_2 dans le membre de droite.
Si on élabore le graphe de cette relation, la condition pour que la grammaire soit automatisable est que le graphe n'ait pas de circuit. Autrement dit, chaque symbole ne peut être son propre fils, chaque symbole ne peut compter parmi ses fils un de ses ascendants. La grammaire n'est donc pas récursive et l'ensemble des phrases possibles est fini.

Le programme chargé de l'automatisation de cette grammaire fonctionnerait comme suit :

I) Construire S_2, S_3, S_4

L'ensemble S_2 constitue le dictionnaire des mots-réservés classé par ordre alphabétique et sauvé sur le fichier DICT.DAT. Il est utilisable tel quel par SIDCAN
L'ensemble S_3 constitue la grammaire BNF et servira a générer l'ensemble des phrases possibles.
L'ensemble S_4 constitue le dictionnaire des types de symboles de base (autre que mot-réservé)

2) Construire une représentation interne de la grammaire.

Chaque symbole $\in S_2$ est codé par une lettre (de A à ?, ? $\leq$ R) suivant l'ordre alphabétique.

Chaque symbole $\in S_3$ est codé par une lettre (de R à ?, ? $\leq$ Z).

Chaque symbole $\in S_4$ est codé par un chiffre(numéro de la production dont S_4 constitue le membre de gauche).

3) Construire une procédure récursive GENERERPHRASE

Conventions :

préfixe : chaîne de caractères alphabétiques de longueur 0.

α : un caractère alphanumérique

suffixe : chaîne de caractères alphanumériques de longueur 0.

() : chaîne de caractères vide

(c): chaîne de caractères contenant le seul caractère c

$(c_I.c_2)$: chaîne de caractères résultant de la concaténation de c_I et c_2

procedure GENERERPHRASE(prefixe,α,suffixe)

Si α est une lettre

alors si suffixe = ()

alors éditer (prefixe.α)

sinon soit suffixe = $(S_I.S_2 \ldots S_m)$

GENERERPHRASE(prefixe.α, S_I, $(S_2 \ldots S_m)$)

sinon si production = $\alpha_1 \mid \alpha_2 \mid \cdots \mid \alpha_n$

alors GENERERPHRASE(prefixe,α_1,suffixe)

GENERERPHRASE(prefixe,α_2,suffixe)

.

.

.

GENERERPHRASE(prefixe,α_n,suffixe)

sinon = $(\alpha_1.\alpha_2. \ldots \alpha_n)$

GENERERPHRASE(prefixe,α_1,$(\alpha_2 \cdots \alpha_n$.suffixe)

Résultats de l'automatisation

un fichier MASK.DAT = ensemble des phrases générées par GENERERPHRASE

un fichier DICT.DAT = ensemble des symboles terminaux
= ensemble des valeurs du type de Symbole de base "mot-réservé"

un fichier COD.DAT = ensemble des codes
(symboles terminaux A → ..)
(symboles non-terminaux sans fils R →..)

Il ne reste plus qu'à modifier la procédure LIREMOT pour lui permettre de reconnaître les symboles non-terminaux.

TESTS ET CONCLUSION

Tests

Les tests de correction des sous-routines ont été réalisées de la manière suivante :
chaque sous-routine spécialisée a été isolée, compilée et incluse dans un programme de test.
Tous les programmes de test (un pour chaque sous-routine testée) possédaient la structure :

- entrer les valeurs pour les arguments de la procédure testée
- appel de la procédure
- écriture des résultats de la procédure
    - les paramètres résultats de la procédure
    - les variables globales qui ont pu être modifiées lors de l'exécution de la procédure

Toute procédure dont les tests avaient prouvé la validité fut incorporée au programme principal.
Celui-ci fut alors exécuté sur base d'un jeu de tests reprenant toutes les phrases-SID possibles. Des exemples d'exécution figurent en Annexes p.

Conclusion

Bien que pouvant être amélioré sur un certain nombre de points (analyse, routines graphiques), je crois avoir rempli, en écrivant ce programme, les conditions que je m'étais imposées en début de mémoire.

J'espère ainsi avoir pu contribuer dans la mesure de mes moyens à une (petite) partie du projet CANAR.

Bibliographie

I. "Adaptation et gestion du programme 'CANAR' de calcul, de tracé des courbes d'exposition au bruit des aéronefs" Rapport 2 - Programme utilitaire SIDCAN, O. Henkes, A. Simonetti.

2. "Les techniques de la navigation aérienne", G. Coutand et L. Andlauer, Presses universitaires de France, I978

3. "Structured system programming", Addison-wexley, A. Welch, I98I.

Conception et réalisation d'un logiciel de calcul et de tracé de trajectoires aéronautiques à partir d'instructions de vol SID

ANNEXES

P L A N D E L A N N E X E

FICHIERS DU PROGRAMME SIDCAN

Tous les fichiers utilisés par le programme SIDCAN sont des fichiers à organisation et accès séquentiels.
On peut distinguer les fichiers de lecture (entrée du programme) et d'écriture (sortie du programme).

I. Les fichiers en lecture

A. Les fichiers 'programme'

Ces fichiers contiennent des paramètres nécessaires à la traduction des textes-SID. Ces fichiers ne varient pas d'une exécution à l'autre du programme. Ces paramètres sont cependant placés sur support externe pour pouvoir être modifiés aisément (en cas de changement de la grammaire SID).

I) Fichier DICT

Nom DICT.DAT

Contenu L'ensemble des mots réservés classés par ordre alphabétique.

Correspondance Format externe - Structure interne

n enregistrements AIO DICT(I:NBDICT) Character*IO
(n ≤ NBDICT)

Utilisation lecture séquentielle par S-R INITIALISATIONS

Ex.

AHEAD
AT
INTERCEPT
LEFT
M
NM
ONTO
RIGHT
THEN
TO
TR
TURN
UNTIL

2) Fichier Masque

Nom MASK.DAT

Contenu La liste des masques possibles des phrases de la grammaire SID classés par ordre alphabétique

Correspondance Format externe - Structure interne

n enregistrements	(A20,I2)	MASK(I:99)	Character*20
(n ≤ 99)		TRAJ(I:99)	Integer

Utilisation lecture séquentielle par S-R INITIALISATIONS

Ex.

```
AMTE                 01
ATE                  01
BUDGKTE              09
BUDGKTEJU            03
BUDJU                05
BUDJCKTEJU           07
BUHGKTE              09
BUHGKTEJU            03
BUHJU                05
BUHJCKTEJ            07
BULDGKTE             09
BULDGKTEJU           03
BULDJU               05
BULDJCKTEJU          07
BULHGKTE             09
BULHGKTEJU           03
BULHJU               05
BULHJCKTEJU          07
DGKTE                08
DGKTEJU              02
DJU                  04
DJCKTEJU             06
LDGKTE               08
LHGKTEJU             02
LHJU                 04
LHJCKTEJU            06
HGKTE                08
HGKTEJU              02
HJU                  04
HJCKTEJU             06
LHGKTE               08
LDGKTEJU             02
LDJU                 04
LDJCKTEJU            06
```

B. Les fichiers 'utilisateur'

Ces fichiers sont créés par l'utilisateur avant toute exécution du programme SIDCAN.
Les trois premières lettres de ces fichiers correspondent aux trois premières lettres du nom de l'aéroport concerné.

I) Fichier AEROPORT

Nom XXXAIR.DAT

Contenu Tous les paramètres concernant l'aéroport dont les trois premières lettres sont XXX :

- déclinaison magnétique
- Coordonnées géographiques du centre de l'aéroport
- Nombre de pistes
- Pour chaque piste :
  - numéro de la piste
  - Coordonnées géographiques du début de la piste

Correspondance Format externe - Structure interne

Ier enregistrement		F4.I	DVM	Real*8
2ème	"	AIO,IX,AIO	CTRLAT	Real*8
			CTRLONG	Real*8
3ème	"	I2	NUMRNY	Integer
NUMRNY enregistre-		I2,IX,2(AIO,IX)	RWYN(0:36)	Integer
ments suivants			LAT(0:36)	Character*IO
			LONG(0:36)	Character*IO

Utilisation lecture séquentielle par S-R INITIALISATIONS

Ex.

-2.0
N051:06:42 W000:11:46
2
06 N051:06:30 W000:13:12
26 N051:06:54 W000:10:24

2) Fichier Aides à la navigation

Nom XXXNAV.DAT

Contenu Tous les paramètres concernant les aides à la navigation de l'aéroport dont les trois premières lettres sont XXX

- Nom
- Type
- Coordonnées géographiques

Correspondance Format externe - Structure interne

n enregistrements 4(AIO,IX) NAVDAT(I:3I,I:4) Character*IO

(n ≤ 3I)

Ex.

SEVENJAKS	MARKER	N051:14:34	E000:11:54
HORNCHURCH	MARKER	N051:29:42	E000:13:06
SPK	MARKER	N051:44:18	W000:06:06

3) Fichier SID

Nom XXXSID.DAT

Contenu Tous les paramètres concernant les trajectoires de l'aéroport dont les trois premières lettres sont XXX

- Nom du SID
- Numéro de la piste d'envol
- Texte du SID

Correspondance Format externe - Structure interne

n≥2 enregistrements I2,IX,AIO RWY : Integer

A250 SIDL : Character*IO

SID : Character*250

Ex. p. 8

2. Les fichiers en écriture

Les résultats de la traduction sont stockés sur deux fichiers. Le premier reprend strictement les résultats officiels nécessaires à l'utilisation du programme CANAR. L'autre fichier contient des informations facilitant le tracé des résultats. Si on change le logiciel graphique, il suffit de changer l'organisation de ce fichier et on pourra garder intact le premier fichier (XXXCAN.PLO).
Les deux fichiers sont cependant nécessaires à l'élaboration des trajectoires graphiques. Afin d'éviter toute erreur, au début de chaque fichier sont repris les renseignements: Nom du SID, N° de la piste de décollage.

I) Fichier CANAR

Nom XXXCAN.DAT

Contenu Ce fichier contient la trajectoire d'un texte SID dans le format imposé par le programmme CANAR :

- segments droits et courbes
- coord. cart. des aides à la navigation utilisées
- libellé du SID
- Coord. cart. des points de début et de fin de la piste utilisée
- numéro de la piste utilisée

Correspondance Format externe - Structure interne

Ier article	AIO	SIDLAB	Character*IO
2ème article	I2	RWY	Integer
3ème article	4(IX,FI5.8)	RWYCAR(O:I)	Real*8
		RECCAR(O:I)	Real*8
4ème article	I2	ITRACK	Integer
ITRACK articles	(FI5.8,IX,FI5.8)	TRACK(I:I6,I:2)	Real*8
(ITRACK+5)^{e}article	I2	NBNAV	Integer
NBNAV articles	(2(AIO,IX),2FI5.8)	NAVUSED(I:3I,I:2)	Character*IO
		NAVCOORD(I:3I,O:I)	Real*8

Ex. p 8

2) Fichier Sortie graphique

Nom XXXPLO.DAT

Contenu Ensemble des paramètres utiles à l'élaboration d'une trajectoire graphique :

- les points de début et fin des segments CANAR
- Les centres des segments courbes CANAR

Correspondance Format externe - Structure interne

Ier article	AIO	SIDLAB	Character*IO
2ème article	I2	IPOINT	Integer
IPOINTS articles	2FI5.8	POINTS(I:I6,O:I)	Real*8
(IPOINTS+3)^{e} article	I2	ICTR	Integer
ICTR articles	2FI5.8	CENT(I:10,O:I)	Real*8

Ex. p 8

```
      COMMON  /TRADUC/  TIDENTIF(1:10),TNOMBRE(1:10)

      CHARACTER*10      TIDENTIF
      REAL*8            TNOMBRE
```

```
      COMMON  /TRACK/ TRACK(1:15,1:2),ITRACK,MAXTRACK,LASTANG,
     1                LASTPT(0:1),POINTS(1:15,0:1),IPOINT,
     1                CENT(1:10,0:1),ICTR,RMIN,NBNAV,RWYLENGHT,
     1                NAVUSED(1:30,1:2),NAVCOORD(1:31,0:1)

      CHARACTER*10      NAVUSED
      REAL*8   TRACK,LASTANG,LASTPT,POINTS,CENT,RMIN,NAVCOORD,
     1         RWYLENGHT
      INTEGER  ITRACK,MAXTRACK,IPOINT,ICTR,NBNAV
```

```
      COMMON  /SCAN/  TYPMOT,NBRELD,MOTLD

      REAL*8            NBRELD
      CHARACTER*10      MOTLD
      INTEGER           TYPMOT
```

```
      COMMON  /GEN/     AIRPORT,SIDLAB,RNY,DVM,NAVDAT(1:31,1:4),
     1                  RWYCAR(0:1),RECCAR(0:1)

      CHARACTER*15      AIRPORT
      CHARACTER*10      SIDLAB,NAVDAT
      INTEGER           RNY
      REAL*8            DVM,RWYCAR,RECCAR
```

```
      COMMON  /COORD/ XN(1:3),XE(1:3),X,Y,Z

      REAL*8            XN,XE,X,Y,Z
```

```
      COMMON /WIN/ TABWIN
      REAL              TABWIN(4)
      COMMON /VIEW/     TABVIEW
      INTEGER           TABVIEW(4)
      COMMON /PIC/      TABNAME,TABPICX,TABPICY,TABNBP
      CHARACTER*6       TABNAME(16)
      REAL              TABPICX(16,16),TABPICY(16,16)
```

```
      COMMON  /INITANAL/        MASK(1:99),TRAJ(1:99)

      CHARACTER*20      MASK
      INTEGER           TRAJ
```

```
      COMMON  /INITSCAN/        SID,DICT(1:13),PS

      INTEGER           PS
      CHARACTER*250     SID
      CHARACTER*10      DICT
```

---

subroutine INGRAF
---
action: fait entrer dans reGIS

subroutine CLS
---
action: efface l'ecran

subroutine EXGRAF
---
action: exit reGIS

subroutine POSIT(x,y)
---
action: positionne le curseur aux coordonnees (x,y)
arguments:
x,y: real

subroutine WINDOW(xmin,xmax,ymin,ymax)
---
action: definir un fenetre (vue de l'utilisateur) limite par
(xmin,ymin) le bord inferieur gauche et
(xmax,ymax) le bord exterieur droite .
arguments:
xmin,xmax,ymin,ymax: real

subroutine VIEWPORT(amin,amax,omin,omax)
---
action: definir une cloture (zone de l'ecran) limitee par
(amin,amax) le bord interieur gauche et
(omin,omax) le bord superieur droite .
arguments:
amin,amax: [0..799]
omin,omax: [0..479]

subroutine CLIPPER(x1,y1,x2,y2)
---
action: decoupe le segment de droite de coordonnees (x1,y1,x2,y2)
a travers la fenetre courante.
affiche la partie du segment inclus dans la fenetre
argument:
x1,y1,x2,y2: real

subroutine TEXT(string)
---
action: affiche la chaine de caracteres a partir de la position
du curseur
arguments:
string : string[128]

subroutine VECT(x,y)
---
action: affiche le segment de droite determine par la position
actuelle du curseur et le point (x,y)
arguments:

x,y : real

subroutine CIRCLE(xc,yc,x,y,arcdeg,strigo)
---
action: affiche l'arc de cercle de centre (xc,yc)
(x,y) est un point sur la circonference
(arcdeg) degre de l'arc
(strigo) sens du trace
arguments:
xc,yc,x,y : real
arcdeg : [0..3600]
strigo : boolean

subroutine INK(valink)
---
action: determine l'intensite du trace.
valink=0 -> noir
valink=1 -> gr
valink=4 -> [illegible]clair
valink=5 -> blanc
arguments:
valink: [illegible]

```
26 S
AHEAD UNTIL 3 NM THEN RIGHT ONTO  TR 085 M TO SEVENNOAKS . AT SEVENNOAKS
   LEFT ONTO TR 015 M TO HORNCHURCH THEN LEFT ONTO TR 322 M TO BPK
26 S1
AHEAD UNTIL 3 NM THEN RIGHT TO BPK  THEN  AHEAD UNTIL 3 NM
26 S2
AHEAD UNTIL 5 NM THEN RIGHT ONTO TR 085 M . LEFT TO BPK
26 S3
AHEAD UNTIL 15 NM THEN LEFT TO INTERCEPT TR 085 M TO SEVENNOAKS
26 S4
AHEAD UNTIL 5 NM THEN RIGHT ONTO TR 085 M THEN  LEFT TO SEVENNOAKS
26 S5
AHEAD UNTIL 3 NM THEN RIGHT TO SEVENNOAKS THEN LEFT TO HORNCHURCH THEN
RIGHT TO BPK THEN LEFT TO SEVENNOAKS
26 S6
AHEAD UNTIL 5 NM THEN LEFT TO SEVENNOAKS . AT SEVENNOAKS LEFT ONTO TR 015 M TO
THEN RIGHT TO INTERCEPT TR 224 M TO BPK
26 S7
AHEAD UNTIL 10 NM THEN LEFT ONTO TR 333 M THEN RIGHT ONTO TR 228 M
```

```
6
     1.63294545        0.37173055       -1.63318081       -0.37121312
3
     1.19253421        0.00000000
   185.81523646        2.21696655
    16.04773331        0.00000000
    70.00000000       -0.63810515
    14.82437420        0.00000000
    98.00000000       -0.26980649
     0.05396130        0.00000000
    45.00000000        6.47332232
    16.25584984        0.00000000
3
EVENNOAKS MARKER              27.58370834      11.53976755
ORNCHURCH MARKER              34.61373419      39.12334087
PK        MARKER               6.36241261      67.05928494
```

```
1
6
     1.63294545        0.37173058       -1.63318081       -0.37121312
3
     1.19253421        0.00000000
   109.40036494        0.26980649
    39.19473624        0.00000000
1
PK        MARKER               6.36241261      67.05928494
```

```
1
6
4
    -1.63318081       -0.37121312
    -0.52198535       -0.11846040
    -1.12959067        0.42642331
     7.20013005       72.58212216
1
    -0.63288945        0.36908480
```

```
2
5
     1.63294545        0.37173058       -1.63318081       -0.37121312
3
     3.19253421        0.00000000
   185.81523646        0.26980649
     0.05396130        0.00000000
    74.17454538       -0.26980649
    36.36021423        0.00000000
1
PK        MARKER               6.36241261      67.05928494
```

```
S2
26
 o
    -1.63318081     -0.37121312
    -4.13602149     -0.94055995
    -4.30786006      0.04325832
    -4.20860545      0.05544526
    -3.77545972      0.47500742
     6.56261828     67.05925228
 2
    -4.24692539     -0.45301475
    -4.26954012      0.55171833
```

```
S3
26
     1.63294545      0.37173058     -1.63318081     -0.37121312
 5
    13.19253349      0.00000000
   219.18476354     -0.26980649
     0.05396130      0.00000000
    45.00000000     20.68814839
    12.87634945      0.00000000
 1
EVENNDAKS MARKER          27.58370834     11.53976755
```

```
S3
26
 6
    -1.63318081     -0.37121312
   -22.20620117     -5.05105774
   -21.70129189     -4.84643367
   -21.63972574     -5.76763260
     3.69937641      8.68116731
    27.58370729     11.53976723
 2
   -22.09529727     -5.83830294
     8.57171046    -29.37139370
```

```
S4
20
 o
    -1.63318081     -0.37121312
    -4.13602149     -0.94055995
    -4.30786006      0.04325832
    -4.20860545      0.05544526
    -4.09883784      0.03176011
    27.58399231     11.53898543
 2
    -4.24692539     -0.45301475
    -4.26954012      0.55171833
```

```
S4
20
     1.63294545      0.37173058     -1.63318081     -0.37121312
 5
     3.19253421      0.00000000
   185.81523646      0.26980649
     0.05396130      0.00000000
    12.96105617     -0.26980649
    18.18916228      0.00000000
 1
EVENNDAKS MARKER          27.58370834     11.53976755
```

```
S5
20
     1.63294545      0.37173058     -1.63318081     -0.37121312
 9
     1.19253421      0.00000000
   172.07423456      0.26980649
    16.38354301      0.00000000
    55.37176395     -0.26980649
    15.11198521      0.00000000
   301.34092704      0.26980649
    21.59287643      0.00000000
   156.91162131     -0.26980649
    31.89924622      0.00000000
 3
EVENNDAKS MARKER          27.58370834     11.53976755
ORNCHURCH MARKER          34.61373419     39.12334087
PK        MARKER           6.56241251     67.05928494
```

Manuel de l'utilisateur

Pour pouvoir utiliser correctement le programme SIDCAN, l'utilisateur doit être particulièrement attentif aux points suivants :

I) Connaître la syntaxe exacte qui lui est permise dans l'écriture du texte-SID ainsi que la sémantique y afférente.
Ces renseignements figurent dans le mémoire p. 7 à I4, 22 et 24.

2) L'utilisation de SIDCAN est très facile puisque le programme n'est pratiquement pas interactif.
   a) Créer (ou modifier), au moyen d'un éditeur de texte un fichier SID (à sauver dans le fichier XXXSID.DAT, XXX étant les trois premières lettres de laéroport concerné.)
   b) Créer, si nécessaire, un fichier AIRPORT, contenant les paramètres de l'aéroport concerné.
   c) Créer, si nécessaire, un fichier NAVAID contenant les paramètres des aides à la navigation de l'aéroport concerné.

L'utilisateur est donc vivement prié de consulter (et de respecter rigouresement !) les spécifications des différents fichiers "utilisateur". Ces spécifications se trouvent en Annexes p.

d) lancer l'exécution du programme SIDCAN

Après affichage du menu, l'utilisateur se voit proposé trois choix.

- traduction d'un texte SID déterminé
- affichage d'un texte SID déterminé (sortie graphique)
- sortie du programme

Si l'utilisateur désire afficher un texte-SID, il sera très souvent contraint à demander d'abord la traduction, le programme SIDCAN, dans sa version actuelle ne permettant la traduction et le stockage que d'un seul texte SID à la fois.

3) Ecriture d'un texte SID

Cette opération étant la plus courante et probablement la seule à effectuer par l'utilisateur, il convient de la décrire plus profondément :

- le texte-SID doit être écrit en MAJUSCULES.
- Aucun retour-chariot ne peut figurer dans le texte-SID aussi long soit-il.
- Tous les mots du texte-Sid doivent être séparés par au moins un espace.

Ces consignes (et d'autres) figurent dans le mémoire p. 23

```
      PROGRAM SIDCAN

      CHARACTER*1 REPONSE
      LOGICAL     SORTIE
*****************************************************************
      SORTIE = .FALSE.
      DOWHILE (.NOT. SORTIE)
           WRITE(5,10)
0          FORMAT(///' SID-CANAR TRANSLATION'/1X,25('*')///)
           WRITE(5,20)
0          FORMAT(//' MENU'/5X,
     1     'SID-CANAR TRANSLATION (T)'/5X
     1     'SID-TRACK PLOTTING    (P)'/5X
     1     'STOP                  (S)')
           READ(5,25)REPONSE
5          FORMAT(A1)
           IF (REPONSE.EQ.'T') CALL TRADUCTION
           IF (REPONSE.EQ.'P') CALL PLOTTING
           IF (REPONSE.EQ.'S') SORTIE = .TRUE.
      ENDDO
      STOP
      END
```

```
      SUBROUTINE TRADUCTION

*****************************************************************
***                DECLARATIONS                               ***
*****************************************************************

***       1. DEC EXTERNES ***************************

      CHARACTER*20 PHRASE
      INTEGER      NUMSUB

***       2. DEC COMMON   ***************************

      INCLUDE            'SCAN.CMN'

*****************************************************************

      CALL INITIALISATIONS
      CALL LIREMOT
      DOWHILE (TYPMOT.NE.27)
           CALL LIREPHRASE(PHRASE)
           CALL ANALYSEPHRASE(PHRASE,NUMSUB)
           CALL TRADUCPHRASE(NUMSUB)
      ENDDO
      CALL INSERERDR
      CALL CLOTURE
      RETURN
      END
```

```
      SUBROUTINE INITIALISATIONS

      ************************************************************
      ***          DECLARATIONS                                ***
      ************************************************************

      ********** 1. DEC EXTERNES ********************************

      CHARACTER*10      CTRLAT,CTRLONG
      REAL*8            PHI,THETA

      ********** 2. DEC COMMON **********************************

      INCLUDE           'GEN.CMN'
      INCLUDE           'COORD.CMN'
      INCLUDE           'INITANAL.CMN'
      INCLUDE           'INITSCAN.CMN'
      INCLUDE           'TRACK.CMN'

      ********** 3. DEC INTERNES ********************************

      CHARACTER*250     SIDF
      CHARACTER*10 LONG(0:36),LAT(0:36),RWYLONG,RWYLAT,RECLONG,RECLAT
      CHARACTER*10      FAIR,FNAV,FSID,SIDLF
      REAL*8            TOT,TIT,PI,N
      INTEGER           RECIP,NUMRNY,RWYN(0:36),I,J,DK1,DK2,RWYF,K
      LOGICAL           TROUVE

      ************************************************************

      WRITE(5,*)'NOM DE L''AEROPORT ?'
      READ(5,10)AIRPORT
   10 FORMAT(A15)
      WRITE(5,*)'NOM DU SID A TRADUIRE ?'
      READ(5,20)SIDLAB
   20 FORMAT(A10)
      WRITE(5,*)'NUMERO DE LA PISTE DE DECOLLAGE ?'
      READ(5,40)RWY
   40 FORMAT(I2)
      IF ((RWY.LT.0).OR.(RWY.GT.36)) GOTO 30


      ************************************************************

      PREMIERES INITIALISATIONS

      ************************************************************

      *** NOM DES FICHIERS ***

      FAIR = AIRPORT(1:3)//'AIR.DAT'
      FNAV = AIRPORT(1:3)//'NAV.DAT'
      FSID = AIRPORT(1:3)//'SID.DAT'


      *** NUMERO DE PISTE ***

      RECIP = RWY+18
      IF (RECIP.GT.36) RECIP = RECIP-36
```

```
      *** OUVERTURE DES FICHIERS ***
      *** STOCKAGE DES DONNEES   ***
      *** FERMETURE DES FICHIERS ***

      OPEN(UNIT=11,FILE=FAIR,STATUS='OLD',ERR=170)
      READ(11,35)DVM
5     FORMAT(F4.1)
      READ(11,50)CTRLAT,CTRLONG
3     FORMAT(A10,1X,A10)
      READ(11,60)NUMRNY
0     FORMAT(I2)
      DO   I=1,NUMRNY
           READ(11,70,END=170)RWYN(I),LAT(I),LONG(I)
0          FORMAT(I2,1X,2(A10,1X))
      ENDDO
      OK1=0
      OK2=0
      DO   I=1,NUMRNY
           IF (RWY.EQ.RWYN(I)) THEN
              RWYLONG=LONG(I)
              RWYLAT=LAT(I)
              OK1=1
           ENDIF
           IF (RECIP.EQ.RWYN(I)) THEN
              RECLONG=LONG(I)
              RECLAT =LAT(I)
              OK2=1
           ENDIF
      ENDDO
      IF (OK1*OK2.EQ.0)  CALL ERREUR(1)
      CLOSE(UNIT=11)

      ************************************************************
      *****          FICHIER SID                              ***
      ************************************************************

      OPEN(UNIT=12,FILE=FSID,STATUS='OLD',ERR=170)
      TROUVE = .FALSE.
      DOWHILE (.NOT. TROUVE)
           READ(12,90,END=95)RWYF,SIDLF,SIDF
0          FORMAT(I2,1X,A10/A260)
           IF ((SIDLAB.EQ.SIDLF).AND.(RWY.EQ.RWYF)) TROUVE=.TRUE.
      ENDDO
5     IF (.NOT. TROUVE) CALL ERREUR(2)
      SID=SIDF//
      PS=1
      CLOSE(UNIT=12)

************************************************************************

      ************************************************************
      ***          FICHIER NAVAID                              ***
      ************************************************************

      OPEN(UNIT=13,FILE=FNAV,STATUS='OLD',ERR=170)
      READ(13,110,END=120)((NAVDAT(I,J),J=1,4),I=1,31)
10    FORMAT(4(A10,2X))
20    CLOSE(UNIT=13)
```

```
C*************************************************************
C***           FICHIER MASK                                ***
C*************************************************************

      OPEN(UNIT=14,FILE='MASK.DAT',STATUS='OLD',ERR=170)
      READ(14,130,END=140) (MASK(I),TRAJ(I),I=1,99)
30    FORMAT(A20,I2)
40    CLOSE(UNIT=14)

C*************************************************************
C***           FICHIER DICT                                ***
C*************************************************************

      OPEN(UNIT=15,FILE='DICT.DAT',STATUS='OLD',ERR=170)
      READ(15,150,END=160)(DICT(I),I=1,13)
50    FORMAT(A10)
60    CLOSE(UNIT=15)

C*************************************************************
C***            INITIALISATIONS                            ***
C*************************************************************

      PI=3.14159265
      CALL DRDGS(CTRLONG,PHI)
      CALL DRDGS(CTRLAT,THETA)
      IF ((THETA.EQ.90).OR.(THETA.EQ.-90)) CALL ERREUR(3)
      X=6392.015*COSD(PHI)*COSD(THETA)
      Y=6392.015*SIND(PHI)*COSD(THETA)
      Z=6374.567*SIND(THETA)
      IF (THETA.EQ.0) THEN
                XN(1)=0
                XN(2)=0
                XN(3)=0
                XE(1)=COSD(PHI+90)
                XE(2)=SIND(PHI+90)
                XE(3)=0
                      ELSE
      N=(X*X+Y*Y+Z*Z)/Z
      XN(1)=-X
      XN(2)=-Y
      XN(3)=N-Z
      XE(1)=-Y
      XE(2)=X
      XE(3)=0
      ENDIF
      TOT=0
      TIT=0
      DO K= 1,3
           TOT=TOT+XE(K)*XE(K)
           TIT=TIT+XN(K)*XN(K)
      ENDDO
      DO K=1,3
           XE(K)=XE(K)/SQRT(TOT)
           XN(K)=XN(K)/SQRT(TIT)
      ENDDO
      CALL COORD(RECLAT,RECLONG,RECCAR)
```

```
      CALL COORD(RWYLAT,RWYLONG,RWYCAR)
      LASTPT(0)=RWYCAR(0)
      LASTPT(1)=RWYCAR(1)
      RWYLENGHT=DIST(RECCAR,RWYCAR)
      CALL ANGLE(RWYCAR,RECCAR,LASTANG)
      TRACK(1,1)=0
      TRACK(1,2)=0
      ITRACK=1
      POINTS(1,0)=RECCAR(0)
      POINTS(1,1)=RECCAR(1)
      IPOINT=2
      ICTR=0
      NBNAV=0
      MAXTRACK=15
      RMIN=0.5
      RETURN
70    CALL ERREUR(4)
      END
```

```
      SUBROUTINE LIREPHRASE(PHRASE)

************************************************************************
***          LIRE UNE PHRASE                                         ***
************************************************************************


************************************************************************
***          DECLARATIONS                                            ***
************************************************************************

********  1. DEC EXTERNES ************************************************

      CHARACTER*20      PHRASE
      INTEGER           NBRE,ID

***         2. DEC COMMON                                            ***

      INCLUDE           'TRADUC.CMN'
      INCLUDE           'SCAN.CMN'

***         3. DEC INTERNES                                          ***

      INTEGER           NBREMOT

************************************************************************

      PHRASE='
      NBREMOT = 0
      NBRE = 0
      ID =0
      DOWHILE ((TYPMOT.NE.27).AND.(TYPMOT.NE.22).AND.(TYPMOT.NE.9))
            IF (TYPMOT.EQ.20) THEN
                  NBRE=NBRE+1
                  TNOMBRE(NBRE)=NBRELU
            ENDIF
            IF (TYPMOT.EQ.4) THEN
                  ID=ID+1
                  TIDENTIF(ID)='LEFT'
            ENDIF
            IF (TYPMOT.EQ.8) THEN
                  ID=ID+1
                  TIDENTIF(ID)='RIGHT'
            ENDIF
            IF (TYPMOT.EQ.21) THEN
                  ID=ID+1
                  TIDENTIF(ID)=MOTLU
            ENDIF
            NBREMOT=NBREMOT+1
            PHRASE(NBREMOT:NBREMOT)=CHAR(TYPMOT+64)
            CALL LIREMOT
      ENDDO
      IF (TYPMOT.NE.27) CALL LIREMOT
      RETURN
      END
```

```
      SUBROUTINE LIREMOT
C*************************************************************************
C***                LIRE MOT                                           ***
C*************************************************************************

C*************************************************************************
C***                DECLARATIONS                                       ***
C*************************************************************************

C******* 1. DEC COMMON ***************************************************

      INCLUDE           'INITSCAN.CMN'
      INCLUDE           'SCAN.CMN'

C***      2. DEC INTERNES                                               ***

      REAL*8            MULDIX
      INTEGER           P1,Q,BINF,BSUP

C*************************************************************************

C***      ON SAUTE LES BLANCS                                           ***

      IF (PS.EQ.251) THEN
         TYPMOT = 27
         RETURN
      ENDIF
      IF (SID(PS:PS).EQ.' ') THEN
         PS = PS+1
         GOTO 10
      ENDIF

C***          EST-CE LE CARACTERE SPECIAL  "." ?                        ***

      IF (SID(PS:PS).EQ.'.') THEN
         TYPMOT = 22
         PS = PS+1
         RETURN
      ENDIF

C***          EST-CE UN IDENTIF OU UN MOT RESERVE ?                     ***

      IF ((SID(PS:PS).GE.'A').AND.(SID(PS:PS).LE.'Z')) THEN
         P1=PS
         DOWHILE (SID(PS:PS).NE.' ')
               IF (PS-P1.GT.9) CALL ERREUR(5)
               MOTLU = SID(P1:PS)
               PS = PS+1
         ENDDO
C***          RECHRCHE DU MOT DANS LA TABLE                             ***

         BINF=1
         BSUP=13
         DOWHILE (BINF.LE.BSUP)
               Q=INT(REAL(BINF+BSUP)/2)
               IF (DICT(Q).EQ.MOTLU) THEN
                  TYPMOT=Q
```

```
            RETURN
         ENDIF
         IF (DICT(Q).GT.MOTLU) THEN
            BSUP=Q-1
         ELSE
            BINF=Q+1
         ENDIF
      ENDDO

***         ON EST SORTI DE LA BOUCLE SANS PASSER PAR       ***
***         'RETURN' , LE MOT N'EST DONC PAS DANS LA        ***
***         TABLE, C'EST DONC UN IDENTIF                    ***

      TYPMOT = 21
      RETURN
   ENDIF

***         EST-CE UN NOMBRE ?                              ***

   IF ((SID(PS:PS).LT.'0').OR.(SID(PS:PS).GT.'9')) CALL ERREUR(6)
   TYPMOT=20
   NBRELU=0.0
   DOWHILE((SID(PS:PS).GE.'0').AND.(SID(PS:PS).LE.'9'))
           NBRELU=NBRELU*10+ICHAR(SID(PS:PS))-48
           PS=PS+1
   ENDDO
   IF(SID(PS:PS).NE.'.') RETURN
   PS=PS+1
   IF((SID(PS:PS).LT.'0').OR.(SID(PS:PS).GT.'9')) CALL ERREUR(7)
   MULDIX=1.0
   DOWHILE ((SID(PS:PS).GE.'0').AND.(SID(PS:PS).LE.'9'))
        MULDIX=MULDIX*10.0
        NBRELU=NBRELU+(ICHAR(SID(PS:PS))-48)/MULDIX
        PS=PS+1
   ENDDO
   RETURN
   END
```

```
      SUBROUTINE ANALYSEPHRASE(PHRASE,NUMSUB)

C*************************************************************
C***          ANALYSE PHRASE                                 ***
C*************************************************************

C*************************************************************
C***          DECLARATIONS                                   ***
C*************************************************************

C******** 1. DEC EXTERNES ***************************************

      CHARACTER*20 PHRASE
      INTEGER      NUMSUB

C***       2. DEC COMMON                                     ***

      INCLUDE           'INITANAL.CMN'

C***       3. DEC INTERNES                                   ***

      INTEGER      I,NBREPHRASE

C*************************************************************

      NBREPHRASE=35
      MASK(NBREPHRASE)=PHRASE
      I=1
      DOWHILE (PHRASE.NE.MASK(I))
           I=I+1
      ENDDO
      IF (I.EQ.NBREPHRASE) CALL ERREUR(8)
      NUMSUB=TRAJ(I)
      RETURN
      END
```

```
      SUBROUTINE PLOTTING
      INCLUDE             'TRACK.CMN'
      INCLUDE             'GEN.CMN'
      INCLUDE             'LYS.CMN'
      INCLUDE             'PLOT.CMN'

      CHARACTER*10        SIDF,FCAN,FPLO
      CHARACTER*2         CRWY
      CHARACTER*1         RP
      REAL                TOTABS,TOTORD,NEWABS,NEWORD,
     1                    DIFF,RAPPEN,R
      INTEGER             RWYF,I,J,
     1                    CTAGA,CTADO,CTOBA,CTOHA
      LOGICAL             X,SENS


      WRITE(5,*)'SORTIE GRAPHIQUE D''UNE TRAJECTOIRE'
      WRITE(5,*)'NOM DE L''AEROPORT'
      READ (5,1)AIRPORT
      FORMAT(A15)
      WRITE(5,*)'NOM DU SID'
      READ (5,2)SIDLAB
      FORMAT(A10)
      WRITE(5,*)'NUMERO DE LA PISTE DE DECOLLAGE'
      READ(5,3)RWY
      FORMAT(I2)

**********************
      FCAN=AIRPORT(1:3)//'CAN.DAT'
      FPLO=AIRPORT(1:3)//'PLO.DAT'
**********************
      OPEN (UNIT=11,FILE=FCAN,STATUS='OLD',ERR=100)
      READ(11,5)SIDF
      FORMAT(A10)
      IF (SIDF.NE.SIDLAB) CALL ERREUR(9)
      READ(11,10)RWYF
0     FORMAT(I2)
      IF (RWYF.NE.RWY)     CALL ERREUR(10)
      READ(11,15)RWYCAR(0),RWYCAR(1),RECCAR(0),RECCAR(1)
5     FORMAT(4(1X,F15.8))
      READ(11,20)ITRACK
0     FORMAT(I2)
      READ(11,25)(TRACK(I,1),TRACK(I,2),I=1,ITRACK)
5     FORMAT(F15.8,1X,F15.8)
      READ(11,30)NBNAV
0     FORMAT(I2)
      READ(11,35)(NAVUSED(I,1),NAVUSED(I,2),NAVCOORD(I,0),
     1            NAVCOORD(I,1),I=1,NBNAV)
5     FORMAT(2(A10,1X),2F15.8)
      CLOSE(UNIT=11)


      OPEN(UNIT=12,FILE=FPLO,STATUS='OLD',ERR=100)
      READ(12,40)SIDF
0     FORMAT(A10)
      IF (SIDF.NE.SIDLAB) CALL ERREUR(11)
      READ(12,42)RWYF
2     FORMAT(I2)
      IF (RWYF.NE.RWY) CALL ERREUR(12)
```

```
      READ(12,45)IPOINT
45    FORMAT(I2)
      READ(12,50)(POINTS(I,0),POINTS(I,1),I=1,IPOINT)
50    FORMAT(2F15.8)
      READ(12,55) ICTR
55    FORMAT(I2)
      READ(12,60) (CENT(I,0),CENT(I,1),I=1,ICTR)
60    FORMAT(2F15.8)
      CLOSE(UNIT=12)

*************** INITIALISATIONS ***************************************

      VAMIN = 0
      VAMAX = 799
      VOMIN = 0
      VOMAX = 479
      CTAGA = 20
      CTADR = 789
      CTOBA = 50
      CTOHA = 439
      RAPFEN = (CTADR-CTAGA)/(CTOHA-CTOBA)

*************** CALCUL DES VALEURS MIN ET MAX DES ABSC ET ORDON ***

      ABSMIN=10E10
      ABSMAX=-10E10
      ORDMIN=10E10
      ORDMAX=-10E10
      DO I=1,IPOINT
            CALL MAX(POINTS(I,0),POINTS(I,1))
      ENDDO
      CALL MAX(RWYCAR(0),RWYCAR(1))
      CALL MAX(RECCAR(0),RECCAR(1))
      DO I=1,NBNAV
            CALL MAX(NAVCOORD(I,0),NAVCOORD(I,1))
      ENDDO
      DO I=1,ICTR
            CALL MAX(CENT(I,0),CENT(I,1))
      ENDDO

*************************************************************************

      TOTABS=ABSMAX-ABSMIN
      TOTORD=ORDMAX-ORDMIN

      IF(TOTABS/TOTORD.LT.RAPFEN) THEN
            NEWABS=TOTORD*RAPFEN
            DIFF  =NEWABS-TOTABS
            ABSMIN=ABSMIN-DIFF/2
            ABSMAX=ABSMAX+DIFF/2
                                  ELSE
            NEWORD=TOTABS/RAPFEN
            DIFF  =NEWORD-TOTORD
            ORDMIN=ORDMIN-DIFF/2
            ORDMAX=ORDMAX+DIFF/2
      ENDIF

*************************************************************************

      RAPP = (CTADR-CTAGA)/(ABSMAX-ABSMIN)
```

```
      ABSINF=(CTAGA-VAMIN)/RAPP
      ABSSUP=(VAMAX-CTADR)/RAPP
      ORDINF=(CTOBA-VOMIN)/RAPP
      ORDSUP=(VOMAX-CTOHA)/RAPP

      ABSMIN=ABSMIN-ABSINF
      ABSMAX=ABSMAX+ABSSUP
      ORDMIN=ORDMIN-ORDINF
      ORDMAX=ORDMAX+ORDSUP

**********************************************************************

      CALL INGRAF
      CALL CLS
      CALL VIEWPORT(0,799,0,479)
      CALL WINDOW(ABSMIN,ABSMAX,ORDMIN,ORDMAX)

**********************************************************************

      CALL CLIPPER(ABSMIN,ORDMAX,ABSMAX,ORDMAX)
      CALL CLIPPER(ABSMIN,ORDMIN,ABSMAX,ORDMIN)
      CALL CLIPPER(ABSMIN,ORDMIN,ABSMIN,ORDMAX)
      CALL CLIPPER(ABSMAX,ORDMIN,ABSMAX,ORDMAX)
      CALL CLIPPER(WAB(   0),WOR( 30),WAB(799),WOR( 30))
      CALL CLIPPER(WAB(   0),WOR(449),WAB(799),WOR(449))
      CALL POSIT(WAB(10),WOR(469))
      CALL TEXT   ('AIRPORT')
      CALL POSIT(WAB(100),WOR(469))
      CALL TEXT   (AIRPORT)
      CALL POSIT(WAB(300),WOR(469))
      CALL TEXT   ('SID')
      CALL POSIT(WAB(400),WOR(469))
      CALL TEXT   (SIDLAB)
      CALL POSIT(WAB(600),WOR(469))
      CALL TEXT   ('RUNWAY')
      CALL POSIT(WAB(700),WOR(469))
      I=0
      DOWHILE (RWY.GE.10)
              RWY=RWY-10
              I=I+1
      ENDDO
      CRWY(1:1)=CHAR(I+48)
      CRWY(2:2)=CHAR(RWY+48)
      CALL TEXT(CRWY)
      CALL POSIT(WAB(300),WOR(25))
      CALL TEXT   ('<R>ETURN TO MENU')

**********************************************************************

      CALL INK(3)
      CALL CLIPPER(RWYCAR(0),RWYCAR(1),RECCAR(0),RECCAR(1))
      CALL POSIT  (POINTS(1,0),POINTS(1,1))

      CALL INK(2)
      CALL VECT(POINTS(2,0),POINTS(2,1))
      I=2
      DOWHILE(I.LE.IPOINT-2)
              IF (TRACK(1,2).LT.0) THEN
                      J=I
```

```
                ELSE
                    J=I+1
                ENDIF
                CALL CIRCLE(CENT(I/2,0),CENT(I/2,1),POINTS(J,0),
     1                      POINTS(J,1),NINT(TRACK(I,1)),.TRUE.)
                CALL POSIT(POINTS(I+1,0),POINTS(I+1,1))
                CALL VECT(POINTS(I+2,0),POINTS(I+2,1))
                I=I+2
        ENDDO

        CALL INK(3)
        DO    I=1,NBNAV
                CALL POSIT(NAVCOORD(I,0),NAVCOORD(I,1))
                CALL TEXT(NAVUSED(I,1)(1:1))
        ENDDO
*****************************************************************

        READ(5,95)RP
95      FORMAT(A1)
        CALL EXGRAF
        RETURN
00      CALL ERREUR(13)
        END
```

```
**********************************************************************
      SUBROUTINE  MAX(A,B)

      INCLUDE 'PLOT.CMN'

      REAL              A,B

      IF (A.LT.ABSMIN) ABSMIN=A
      IF (A.GT.ABSMAX) ABSMAX=A
      IF (B.LT.ORDMIN) ORDMIN=B
      IF (B.GT.ORDMAX) ORDMAX=B
      RETURN
      END
```

```
**********************************************************************
      REAL FUNCTION  WAB(X)
      INCLUDE 'PLOT.CMN'
      INTEGER X
      WAB = ABSMIN+X/RAPP
      RETURN
      END
```

```
**********************************************************************
      REAL FUNCTION WOR(Y)
      INCLUDE 'PLOT.CMN'
      INTEGER Y
      WOR = ORDMIN+Y/RAPP
      RETURN
      END
```

```
C**********************************************************************
      SUBROUTINE ERREUR(ERR)

      INTEGER ERR
      CHARACTER*50  MESS

      WRITE(5,10)ERR
10    FORMAT(///' ERREUR !!!!!!!!!!!!'//' ERREUR NO ',I2//)

20    FORMAT(' ',A50//' PROGRAMME INTERROMPU, VEUILLEZ CORRIGER
     1  L''ERREUR ET RECOMMENCER L''EXECUTION')
      STOP
      END
```

```
      SUBROUTINE COORD(LAT,LONG,A)
C*************************************************************************
C***        CONVERSION COORDONNEES GEOGRAPHIQUES                       ***
C***                -->    COORDONNEES CARTESIENNES                    ***
C*************************************************************************
C
C*************************************************************************
C***        DECLARATIONS                                               ***
C*************************************************************************
C
      IMPLICIT REAL*8 (A-Z)
      CHARACTER*10    LAT,LONG
      DIMENSION       A(0:1)
C
      INCLUDE 'COORD.CMN'
C
C*************************************************************************
C
      CALL BRDGS(LONG,LONGD)
      CALL BRDGS(LAT,LATD)
      XG=6392.015*COSD(LONGD)*COSD(LATD)
      YG=6392.015*SIND(LONGD)*COSD(LATD)
      ZG=6374.567*SIND(LATD)
      BETA=(X*X+Y*Y+Z*Z)/(X*XG+Y*YG+Z*ZG)
      XGP=XG*BETA
      YGP=YG*BETA
      ZGP=ZG*BETA
      XVP=XGP-X
      YVP=YGP-Y
      ZVP=ZGP-Z
      A(0)=(XVP*XN(2)-YVP*XN(1))/(XN(2)*XE(1)-XN(1)*XE(2))
      A(1)=-(XVP*XE(2)-YVP*XE(1))/(XN(2)*XE(1)-XN(1)*XE(2))
      RETURN
      END
```

```
      SUBROUTINE BRDGS(A,ADEC)

*****************************************************************
***          CONVERSION  DEG:MIN:SEC -> DEG.DECIMAL           ***
*****************************************************************

*****************************************************************
***          DECLARATIONS                                     ***
*****************************************************************

**********  1. DEC EXTERNES **************************************

      CHARACTER*10      A
      REAL*8            ADEC

**********  2. DEC INTERNES **************************************

      CHARACTER*1       ORIENT
      INTEGER           SIGN,DEG,MIN,SEC

*****************************************************************

      ORIENT=A(1:1)
      SIGN=0
      IF(ORIENT.EQ.'N') SIGN=1
      IF(ORIENT.EQ.'S') SIGN=-1
      IF(ORIENT.EQ.'E') SIGN=1
      IF(ORIENT.EQ.'W') SIGN=-1
      IF(SIGN.EQ.0) CALL ERREUR(14)
      DEG=IVAL(A(2:4))
      IF((ORIENT.EQ.'N').OR.(ORIENT.EQ.'S')) THEN
          IF (DEG.GT.90) CALL ERREUR(14)
      ENDIF
      IF((ORIENT.EQ.'E').OR.(ORIENT.EQ.'W')) THEN
          IF (DEG.GT.180) CALL ERREUR(14)
      ENDIF
      IF (A(5:5).NE.':') CALL ERREUR(14)
      MIN=IVAL(A(6:7))
      IF((MIN.LT.0).OR.(MIN.GT.59)) CALL ERREUR(14)
      IF(A(8:8).NE.':') CALL ERREUR(14)
      SEC=IVAL(A(9:10))
      IF((SEC.LT.0).OR.(SEC.GT.59)) CALL ERREUR(14)
      ADEC=(DEG+DBLE(MIN)/60+DBLE(SEC)/3600)*SIGN
      RETURN
      END
```

```
FUNCTION          IVAL(A)

CHARACTER*(*)     A
INTEGER           IVAL,I

IVAL=0
DO I=1,LEN(A)
        IF((A(I:I).LT.'0').OR.(A(I:I).GT.'9'))CALL ERREUR(14)
        IVAL=IVAL*10+(ICHAR(A(I:I))-48)
ENDDO
RETURN
END
```

```
      SUBROUTINE TRADUCPHRASE(NUMSUB)

      INCLUDE             'TRACK.CMN'
      INCLUDE             'GEN.CMN'
      INCLUDE             'TRADUC.CMN'

      REAL*8              KM,CP,NAV(0:1)
      INTEGER             NUMSUB,SENS
      LOGICAL             CONTPD

      GOTO (1,2,3,4,5,6,7,8,9) , NUMSUB

*** STRAIGHT ***

      CALL STRAIGHT(CONVKM(TNOMBRE(1)))
      RETURN

****************

*** RADIALE ***

      I=1
      CONTPD = .FALSE.
      GOTO 10
      I=2
      CONTPD = .TRUE.
      CALL CONVDIR(TIDENTIF(I),SENS)
      CALL CONVCAP(TNOMBRE(1),CP)
      CALL CONVNAV(TIDENTIF(I+1),NAV)
      CALL RADIALE(CP,NAV,SENS,CONTPD)
      RETURN

****************

*** SURVOL ***

      I=1
      CONTPD = .FALSE.
      GOTO 15
      I=2
      CONTPD = .TRUE.
      CALL CONVDIR(TIDENTIF(I),SENS)
      CALL CONVNAV(TIDENTIF(I+1),NAV)
      CALL SURVOL(NAV,SENS,CONTPD)
      RETURN

****************

*** STURN ***

      I=1
      GOTO 20
      I=2
      CALL CONVDIR(TIDENTIF(I),SENS)
      CALL CONVCAP(TNOMBRE(1),CP)
      CALL CONVNAV(TIDENTIF(I+1),NAV)
      CALL STURN(CP,NAV,SENS)
      RETURN

*************
```

```
*** CAP ***

      I=1
      GOTO 25
      I=2
5     CALL CONVDIR(TIDENTIF(I),SENS)
      CALL CONVCAP(TNOMBRE(I),CP)
      CALL CAP(CP,SENS)
      RETURN
      END

*****************************************************************

      SUBROUTINE CONVNAV(NAV,CC)

      INCLUDE          'GEN.CMN'
      INCLUDE          'TRACK.CMN'

      CHARACTER*10 NAV
      REAL*8  CC(0:1)
      INTEGER I

      NAVUSED(NBNAV+1,1)=NAV
      I=1
      DOWHILE (NAVUSED(I,1).NE.NAV)
              I=I+1
      ENDDO
      IF (I.EQ.NBNAV+1) THEN
      NAVDAT(31,1)=NAV
      I=1
      DOWHILE (NAVDAT(I,1).NE.NAV)
              I=I+1
      ENDDO
      IF (I.EQ.31) CALL ERREUR(15)
      NBNAV=NBNAV+1
      NAVUSED(NBNAV,1)=NAV
      NAVUSED(NBNAV,2)=NAVDAT(I,2)
      CALL COORD(NAVDAT(I,3),NAVDAT(I,4),CC)
      NAVCOORD(NBNAV,0)=CC(0)
      NAVCOORD(NBNAV,1)=CC(1)
                        ELSE
      CC(0)=NAVCOORD(I,0)
      CC(1)=NAVCOORD(I,1)
      ENDIF
      RETURN
      END

*****************************************************************

      SUBROUTINE       CONVDIR(DIRECT,SENS)

      CHARACTER*10     DIRECT
      INTEGER          SENS

      IF (DIRECT.EQ.'LEFT')  SENS=-1
      IF (DIRECT.EQ.'RIGHT') SENS=1
      RETURN
```

```
END
*****************************************************************
SUBROUTINE          CONVCAP(MAGN,TRIGO)
INCLUDE             'GEN.CMN'
REAL*8              MAGN,TRIGO
TRIGO=450-MAGN-DVM
IF (TRIGO.GE.360) TRIGO=TRIGO-360
RETURN
END
*****************************************************************
```

```
      SUBROUTINE STRAIGHT(DIST)
*****************************************************************
* ARGUMENT
*
* DIST          Longueur du segment droit        REAL*8
*
* RESULTAT
*
* (Effet de bord) mise-a-jour des  -segments TRACK
*                                  -var. globales
* SPECIFICATIONS
*
* La procedure effectue la creation et le stockage d'un segment
* droit correspondant a la trajectoire suivie par un avion cou-
* vrant la distance DIST en conservant son cap initial.
* Elle met a jour les variables globales (position de l'avion)
*
*****************************************************************

*****************************************************************
* DECLARATIONS
*
* NOM           TYPE DE VARIABLE          TYPE FORTRAN
*
* DIST          PARAMETRE(ARG)            REAL*8
* LASTPT        COMMON                    LASTPT(0:1) REAL*8
* LASTANG       COMMON                    REAL*8
* ENDPT         VAR LOCALE                ENDPT(0:1) REAL*8
*****************************************************************

      INCLUDE 'TRACK.CMN'

      REAL*8  DIST,ENDPT
      DIMENSION       ENDPT(0:1)

      IF (DIST.EQ.0) RETURN
      IF (ITRACK.EQ.1) DIST=DIST - RWYLENGHT
      ENDPT(0) = LASTPT(0)+DIST*COSD(LASTANG)
      ENDPT(1) = LASTPT(1)+DIST*SIND(LASTANG)
      CALL SAVESTRAIGHT(DIST,ENDPT)
      RETURN
      END
```

```
      SUBROUTINE RADIALE(BETA,NAVAID,SENS,CONTPD)

      ************************************************************************
      * ARGUMENTS
      *
      * BETA            Angle de la droite D     Real*8
      * NAVAID          Pt    de la droite D     Array[0:1] of Real*8
      * SENS            Sens  du virage          INTEGER
      * CONTPD          Contrainte sur le pt de dep. BOOLEAN
      *
      * RESULTAT
      *
      * Mise-a-jour du tableau des segments et des variables globales
      *
      * SPECIFICATIONS
      *
      * La procedure effectue la creation et le stockage de 1 a plusieurs
      * segments droits ou courbes correspondant a la trajectoire suivie
      * par un avion effectuant un virage dans le sens indique par SENS
      * pour s'aligner sur le cap BETA et poursuivant sa route jusqu'au
      * point NAVAID.
      * L'avion commence son virage :
      *  -en LASTPT (Si la valeur de CONTPD est TRUE)
      *  -en un point situe sur la droite D(LASTANG,LASPT)
      *                (Si la valeur de CONTPD est FALSE)
      ************************************************************************

      ************************************************************************
      * DECLARATIONS
      *
      * NOM             TYPE DE VARIABLE         TYPE FORTRAN
      *
      * BETA            PARAMETRE(ARG)           REAL*8
      * NAVAID          PARAMETRE(ARG)           NAVAID(0:1) REAL*8
      * SENS            PARAMETRE(ARG)           INTEGER
      * CONTPD          PARAMETRE(ARG)           BOOLEAN
      * LASTPT          COMMON                   LASTPT(0:1) REAL*8
      * LASTANG         COMMON                   REAL*8
      * R               VAR LOCALE               REAL*8
      * TROPLOIN        VAR LOCALE               BOOLEAN
      * RMIN            COMMON                   REAL*8
      * PTDEP           VAR LOCALE               PTDEP(0:1) REAL*8
      * POSSIBLE        VAR LOCALE               BOOLEAN
      * C               VAR LOCALE               C(0:1)      REAL*8
      * PTFIN           VAR LOCALE               PTFIN(0:1) REAL*8
      ************************************************************************

      INCLUDE 'TRACK.CMN'

      REAL*8  BETA,NAVAID,R,PTDEP,C,PTFIN,I(0:1)
      INTEGER SENS
      LOGICAL CONTPD,TROPLOIN,POSSIBLE,PREC
      DIMENSION NAVAID(0:1),PTDEP(0:1),PTFIN(0:1)
      CALL INSERERR
      CALL DIFFANG(LASTANG,BETA,DIFF,SENS)
      CALL INTERSECT(LASTANG,LASTPT,BETA,NAVAID,I)
      IF (CONTPD) THEN
              IF (PREC(I,LASTPT,LASTANG)) THEN
                 IF (DIFF.LT.180) THEN
                   CALL STURN(BETA,NAVAID,SENS)
```

```
                RETURN
                                    ELSE
                CALL RAYON(LASTPT,LASTANG,NAVAID,BETA,DIFF,SENS,R)
                IF (R.LT.RMIN) CALL ERREUR(16)
              ENDIF
                                                ELSE
              IF (DIFF.GT.180) CALL ERREUR(17)
              CALL RAYON(LASTPT,LASTANG,NAVAID,BETA,DIFF,SENS,R)
              IF (R.LT.RMIN) CALL ERREUR(18)
            ENDIF
              ELSE
            R=RMIN
            IF (.NOT.(PREC(LASTPT,I,LASTANG))) THEN
                    CONTPD = .TRUE.
                    GOTO 10
            ENDIF
            IF (DIFF.GT.180) CALL ERREUR(19)
            CALL PTDEPART(LASTPT,LASTANG,NAVAID,BETA,
     1                    DIFF,I,SENS,PTDEP)
            CALL MODIF(PTDEP,POSSIBLE)
            IF (.NOT.(POSSIBLE)) THEN
                    CONTPD = .TRUE.
                    GOTO 10
            ENDIF
          ENDIF
          CALL CTRVIR(C,LASTANG,LASTPT,R,SENS)
          CALL FINVIR(C,BETA,PTFIN,R,SENS)
          CALL DIFFANG(LASTANG,BETA,DIFF,SENS)
          CALL SAVECURVE(R,DIFF,SENS,PTFIN,BETA,C)
          IF (PREC(NAVAID,LASTPT,LASTANG)) CALL ERREUR(20)
          CALL STRAIGHT(DIST(LASTPT,NAVAID),NAVAID)
          RETURN
          END
```

```
      SUBROUTINE SURVOL(NAVAID,SENS,CONTPD)

      INCLUDE 'TRACK.CMN'

      REAL*8              C(0:1),A,B,CA,CB,CC,PT1(0:1),PT2(0:1),
     1              TEMP(0:1),D,NEWPT(0:1),ALPHA,NEWANG,DIFF,ABS,
     1              ORD,R1,R2,A1,A2,AX,BX,CX,V,BETA,GAMMA,DIFF1,
     1              DIFF2,PT(0:1),NAVAID(0:1)

      INTEGER     SENS

      LOGICAL     PREC,CONTPD

      CALL INSERERDR
      CALL CTRVIR(C,LASTANG,LASTPT,RMIN,SENS)
      IF (DIST(C,NAVAID).LE.RMIN) THEN
         IF (CONTPD) CALL ERREUR(21)
         IF ((LASTANG.EQ.90).OR.(LASTANG.EQ.270)) THEN
               PT1(0)=NAVAID(0)
               PT2(0)=NAVAID(1)
               R=-(PT1(0)-C(0))**2+RMIN**2
               PT1(1)= C(2)-SQRT(R)
               PT2(1)= C(2)+SQRT(R)
                                                    ELSE
         A  = TAND(LASTANG)
         B  = NAVAID(1)-NAVAID(0)*A
         CA  = A**2+1
         CB  = 2*A*B-2*A*C(1)-2*C(0)
         CC  = (B-C(1))**2+C(0)**2-RMIN**2
         PT1(0)=(-CB-SQRT(CB**2-4*CA*CC))/(2*CA)
         PT2(0)=(-CB+SQRT(CB**2-4*CA*CC))/(2*CA)
         PT1(1)=A*PT1(0)+B
         PT2(1)=A*PT2(0)+B
         ENDIF
         IF (.NOT.(PREC(PT1,PT2,LASTANG))) THEN
               TEMP(0)=PT1(0)
               TEMP(1)=PT1(1)
               PT1(0)=PT2(0)
               PT1(1)=PT2(1)
               PT2(0)=TEMP(0)
               PT2(1)=TEMP(1)
         ENDIF
         IF((DIST(NAVAID,PT2).GT.(CONVKM(TRACK(ITRACK,1)))).OR.
     1     (TRACK(ITRACK,2).NE.0)) THEN
               D=DIST(NAVAID,PT1)
                                    ELSE
               D=-DIST(NAVAID,PT2)
         ENDIF
         C      (0)=C      (0)+D*COSD(LASTANG)
         C      (1)=C      (1)+D*SIND(LASTANG)
         CALL STRAIGHT(D)
         CALL ANGLE(C,NAVAID,ALPHA)
         NEWANG=ALPHA-90*SENS
         IF (NEWANG.GE.360) NEWANG = NEWANG-360
         IF (NEWANG.LT.0   ) NEWANG = NEWANG+360
         CALL DIFFANG(LASTANG,NEWANG,DIFF,SENS)
         CALL SAVECURVE(RMIN,DIFF,SENS,NAVAID,NEWANG,C)
                                    ELSE
      ****  LE 2EME CAS D'EXCEPTION EST DETECTE MAIS NON TRAITE
         IF((ABS.EQ.RMIN).OR.(ABS.EQ.-RMIN)) CALL ERREUR(22)
```

```
      ABS  = C(0)-NAVAID(0)
      ORD  = NAVAID(1)-C(1)
      R1   = RMIN**2-ORD**2
      R2   = RMIN**2-ABS**2
      A1   = (ABS*ORD+SQRT(ABS**2*ORD**2-R1*R2))/R2
      A2   = (ABS*ORD-SQRT(ABS**2*ORD**2-R1*R2))/R2
      PT1(0)  = (C(0)+A1*(A1*NAVAID(0)-ORD))/(1+A1**2)
      PT2(0)  = (C(0)+A2*(A2*NAVAID(0)-ORD))/(1+A2**2)
      PT1(1)  = NAVAID(1)+A1*(PT1(0)-NAVAID(0))
      PT2(1)  = NAVAID(1)+A2*(PT2(0)-NAVAID(0))
      CALL EQUATION(LASTANG,LASTPT,AX,BX,CX)
      V = AX*NAVAID(0)+BX*(NAVAID(1))+CX
      ALPHA = LASTANG+90*SENS
      IF (ALPHA.LT.0) ALPHA=ALPHA+360
      IF (ALPHA.GE.360) ALPHA=ALPHA-360
      CALL ANGLE(C,PT1,BETA)
      CALL ANGLE(C,PT2,GAMMA)
      DIFF1=BETA-ALPHA
      IF (DIFF1.LT.0) DIFF1=DIFF1+360
      DIFF2=GAMMA-ALPHA
      IF (DIFF2.LT.0) DIFF2=DIFF2+360
      IF (V*(DIFF1-DIFF2).GT.0) THEN
            PT(0)=PT2(0)
            PT(1)=PT2(1)
                                  ELSE
            PT(0)=PT1(0)
            PT(1)=PT1(1)
      ENDIF
      CALL ANGLE(C,PT,ALPHA)
      NEWANG = ALPHA-90*SENS
      IF (NEWANG.GE.360) NEWANG = NEWANG-360
      IF (NEWANG.LT.0   ) NEWANG = NEWANG+360
      CALL DIFFANG(LASTANG,NEWANG,DIFF,SENS)
      CALL SAVECURVE(RMIN,DIFF,SENS,PT,NEWANG,C)
      CALL STRAIGHT(DIST(PT,NAVAID))
ENDIF
RETURN
END
```

```
SUBROUTINE ANGLE(A,B,ALPHA)

REAL*8  ALPHA,A,B,PI,SALPHA,CALPHA,D
DIMENSION A(0:1),B(0:1)

PI=3.141529654
D=DIST(A,B)
IF (D.EQ.0) CALL ERREUR(23)
SALPHA=(B(1)-A(1))/D
CALPHA=(B(0)-A(0))/D
ALPHA=ASIN(SALPHA)*180/PI
IF (CALPHA.LT.0) ALPHA=180-ALPHA
IF(ALPHA.LT.0) ALPHA=360+ALPHA
RETURN
END
```

```
      SUBROUTINE STURN(BETA,NAVAID,SENS)

      ************************************************************************
      * ARGUMENTS
      *
      * BETA              Angle de la droite D      Real*8
      * NAVAID            Point de la droite D      Array[0:1] of Real*8
      * SENS              Sens du virage            Integer
      *
      * RESULTATS
      *
      * Mise-a-jour des segments TRACK et des variables globales
      *
      * SPECIFICATIONS
      *
      * La sous-routine STURN assure la creation et le stockage des
      * segments correspondant a la trajectoire suivie par un avion in-
      * terceptant une radiale d'un angle BETA et rejoignant un point ap-
      * pele NAVAID par un virage dans le sens indique par SENS.
      * L'interception se fait par deux virages de sens opposes.
      * Le premier pour s'aligner sur un cap faisant un angle de 45 Deg
      * avec le cap final, le deuxieme pour s'aligner sur le cap final.
      ************************************************************************

      ************************************************************************
      * DECLARATIONS
      *
      * NOM               TYPE DE VARIABLE          TYPE FORTRAN
      *
      * BETA              PARAMETRE(ARG)            REAL*8
      * NAVAID            PARAMETRE(ARG)            NAVAID(0:1) REAL*8
      * SENS              PARAMETRE(ARG)            INTEGER
      * GAMMA             VAR LOCALE                REAL*8
      ************************************************************************

      INCLUDE           'TRACK.CMN'

      REAL*8            BETA,GAMMA,NAVAID,A,B,C,V,W,CT(0:1),
     1                  PTA(0:1),PTB(0:1)
      INTEGER           SENS,S
      DIMENSION         NAVAID(0:1)

      CALL EQUATION(BETA,NAVAID,A,B,C)
      V=A*LASTPT(0)+B*LASTPT(1)+C
      IF (V.GT.0) THEN
                        S=1
                  ELSE
                        S=-1
      ENDIF
      IF (SENS.NE.S) CALL ERREUR(24)
      GAMMA=BETA-45*SENS
      IF (GAMMA.GE.360) GAMMA=GAMMA-360
      IF (GAMMA.LT.0  ) GAMMA=GAMMA+360
      CALL CTRVIR(CT,LASTANG,LASTPT,RMIN,SENS)
      CALL FINVIR(CT,GAMMA,PTA,RMIN,SENS)
      CALL CTRVIR(CT,BETA,PTA,RMIN,-SENS)
      CALL FINVIR(CT,BETA,PTB,RMIN,-SENS)
      W = A*PTB(0)+B*PTB(1)+C
      IF (W*V.LE.0) CALL ERREUR(25)
```

```
CALL CAP(GAMMA,SENS)
CALL RADIALE(BETA,NAVAID,-SENS,.TRUE.)
RETURN
END
```

```
      SUBROUTINE CAP(BETA,SENS)
*****************************************************************
* ARGUMENTS
*
* BETA          Angle (cap a atteindre)          Real*8
* SENS          Direction a prendre              Integer
*
* RESULTAT
*
* (Effet de bord) mise-a-jour des -segments TRACK
*                                 -var globales
* SPECIFICATIONS
*
* La procedure effectue la creation et le stockage d'un segment
* courbe correspondant a la trajectoire suivie par un avion ef-
* fectuant un virage dans le sens indique par SENS (ou le sens
* oppose si il est plus approprie et si l'utilisateur est d'ac-
* cord) pour suivre le cap indique par l'angle BETA.
* Elle met egalement a jour les variables globales :
* cap de l'avion et position.
*
* PRECONDITIONS
*
* BETA = Angle(deg) 0<=BETA<360
* SENS = 1 ou -1
*****************************************************************

*****************************************************************
* DECLARATIONS
*
* NOM           TYPE DE VARIABLE          TYPE FORTRAN
*
* BETA          PARAMETRE(ARG)            REAL*8
* SENS          PARAMETRE(ARG)            INTEGER
* LASTANG       COMMON                    REAL*8
* LASTPT        COMMON                    REAL*8 LASTPT(0:1)
* RMIN          COMMON                    REAL*8
* DIFF          VAR LOCALE                REAL*8
* C             VAR LOCALE                REAL*8 C(0:1)
* NEWPT         VAR LOCALE                REAL*8 NEWPT(0:1)
*****************************************************************

      INCLUDE         'TRACK.CMN'

      REAL*8          BETA,C,NEWPT
      INTEGER         SENS
      DIMENSION       NEWPT(0:1),C(0:1)

      CALL INSERERR
      IF (LASTANG.EQ.BETA) RETURN
      CALL DIFFANG(LASTANG,BETA,DIFF,SENS)
      CALL CTRVIR(C,LASTANG,LASTPT,RMIN,SENS)
      CALL FINVIR(C,BETA,NEWPT,RMIN,SENS)
      CALL SAVECURVE(RMIN,DIFF,SENS,NEWPT,BETA,C)
      RETURN
      END

      SUBROUTINE EQUATION(ALPHA,PT,A,B,C)
```

```
*************************************************************************
* ARGUMENTS
*
* ALPHA          Angle de la droite        Real*8
*
* PT             Point de la droite        Array[0..1] of Real*8   *
*                                                                  *
* RESULTATS
*
* A,B,C          Coefficients A,B,C de l'equation Ax+By+C=0 de   *
*                la droite definie par ALPHA et PT  , Real*8     *
*
* SPECIFICATIONS
*
* La sous-routine EQUATION calcule les coefficients A,B,C de l'*
* equation Ax+By+C=0 de la droite definie par un angle ALPHA et*
* un point PT
* Les relations suivantes sont appliquees :
*      A = -SIN(ALPHA)
*      B =  COS(ALPHA)
*      C =  PT(0)*SIN(ALPHA)-PT(1)*COS(ALPHA)
*
* PRECONDITIONS
*
* 0<= ALPHA < 360
*
*************************************************************************

*************************************************************************
* DECLARATIONS
*
* NOM            TYPE DE VARIABLE                  TYPE FORTRAN
*
* ALPHA          PARAMETRE(ARG)                    REAL*8
* A,B,C          PARAMETRES(RES)                   REAL*8
* PT             PARAMETRE(ARG)                    PT(0:1) REAL*8
*************************************************************************

REAL*8          ALPHA,PT,A,B,C
DIMENSION       PT(0:1)

A = -SIND(ALPHA)
B =  COSD(ALPHA)
C =  PT(0)*SIND(ALPHA)-PT(1)*COSD(ALPHA)
RETURN
END
```

```
      SUBROUTINE INTERSECT(ALPHA,PTA,BETA,PTB,I)
      ************************************************************************
      * ARGUMENTS
      *
      * ALPHA          Angle de la droite A     Real*8                       *
      * BETA           Angle de la droite B     Real*8                       *
      * PTA            Point appart. a A        Array[0..1] of Real*8        *
      * PTB            Point appart. a b        Array[0..1] of Real*8        *
      *
      * RESULTATS
      *
      * I              Point d'intersect. de A et B     Array[0..1] of      *
      *                                                 Real*8               *
      * SPECIFICATIONS
      *
      * La sous-routine INTERSECT calcule le point d'intersection I          *
      * de deux droites A et B definies par
      * A : angle ALPHA   pt PTA
      * B : angle BETA    pt PTB
      *
      * PRECONDITIONS
      *
      * 0 <= ALPHA < 360     0<= BETA < 360
      * ALPHA-BETA <> 180, <> -180, <> 0
      ************************************************************************

      ************************************************************************
      * DECLARATIONS
      *
      * NOM            TYPE DE VARIABLE         TYPE FORTRAN                 *
      *
      * ALPHA,BETA     PARAMETRES(ARG)          REAL*8                       *
      * PTA,PTB,I      PARAMETRES(ARG)          ARRAY[0..1] OF REAL*8        *
      * ADA,BDA,CDA,   VARIABLES LOCALES        REAL*8                       *
      * ADB,BDB,CDB
      ************************************************************************


      REAL*8  ALPHA,BETA,PTA,PTB,I,ADA,BDA,CDA,ADB,BDB,CDB,DEN
      DIMENSION PTA(0:1),PTB(0:1),I(0:1)

      CALL     EQUATION(ALPHA,PTA,ADA,BDA,CDA)
      CALL     EQUATION(BETA ,PTB,ADB,BDB,CDB)
      DEN = ADA*BDB-ADB*BDA
      IF (DEN.EQ.0) CALL ERREUR(26)
      I(0) = (BDA*CDB-BDB*CDA)/DEN
      I(1) = (ADB*CDA-ADA*CDB)/DEN
      RETURN
      END
```

```
      LOGICAL FUNCTION PREC(A,B,ANGLE)
C*****************************************************************************
C* ARGUMENTS      A        point de la droite D     Array[0..1] of Real*8*
C*                B        point de la droite d     Array[0..1] of Real*8*
C*                ANGLE    angle de la droite D     Real*8               *
C*                                                                       *
C* RESULTAT       PREC                              Logical              *
C*
C* SPECIFICATIONS                                                        *
C*
C* La sous-routine PREC est une fonction qui attribue a la variable     *
C* PREC la valeur .TRUE. si A "precede" B sur la droite D et la valeur*
C* .FALSE. si A "ne precede pas" B sur la droite D                       *
C*
C* soit D defini par deux points A et B et un angle ALPHA                *
C* PREC(A,B,ANGLE) <=> (B(0)-A(1))*COS(ANGLE) >= 0 ET                    *
C*                     (B(1)-A(1))*SIN(ANGLE) >= 0                       *
C*
C* PRECONDITION   Il existe une droite D definie par les 2 points A et *
C*                B t.q. D fait un angle ALPHA avec l'axe des X         *
C*****************************************************************************

C*****************************************************************************
C* DECLARATIONS                                                          *
C*
C* NOM                        TYPE DE VARIABLE          TYPE FORTRAN     *
C*
C* A,B                        PARAMETRE(ARG)            REAL*8 A(0:1) B(0:1) *
C* ANGLE                      PARAMETRE(ARG)            REAL*8           *
C* PREC                       FONCTION                  LOGICAL          *
C*****************************************************************************

      REAL*8   ANGLE,A,B
      DIMENSION        A(0:1),B(0:1)
      PREC = ((((B(0)-A(0))*COSD(ANGLE)).GE.0).AND.
     1       ((( B(1)-A(1))*SIND(ANGLE)).GE.0))
      RETURN
      END
```

```
      SUBROUTINE RAYON(A,ALPHA,B,BETA,DIFF,SENS,R)

      REAL*8              GAMMA,DIFF,I,A,R,ALPHA,B,BETA
      DIMENSION           I(0:1),A(0:1),B(0:1)
      INTEGER             SENS

      CALL INTERSECT(ALPHA,A,BETA,B,I)
      IF (DIFF.LT.180) THEN
              GAMMA=(180-DIFF)/2
                    ELSE
              GAMMA=(DIFF-180)/2
      ENDIF
      R = DIST(A,I)*TAND(GAMMA)
      RETURN
      END
```

```
      SUBROUTINE      DIFFANG(ALPHA,BETA,DIFF,SENS)
*****************************************************************
* ARGUMENTS      ALPHA    un angle          REAL*8                *
*                BETA     un angle          REAL*8                *
*                SENS     Sens du virag.    INTEGER               *
*                                                                 *
* RESULTATS      DIFF     un angle          REAL*8                *
*                                                                 *
* SPECIFICATIONS                                                  *
*                                                                 *
* DIFF est un angle de 0 a 360 deg. qui correspond a la dif-      *
* ference : BETA - ALPHA.                                         *
* Le sens adopte est conventionnellement le sens inverse des      *
* aiguilles d'une montre, ce qui correspond a un angle positif.   *
*                                                                 *
* PRECONDITIONS                                                   *
*                                                                 *
* 0 <= ALPHA <= 360                                               *
* 0 <= BETA  <= 360                                               *
* ALPHA et BETA en degres                                         *
*****************************************************************

*****************************************************************
* DECLARATIONS                                                    *
*                                                                 *
* NOM                    TYPE DE VARIABLE       TYPE FORTRAN      *
*                                                                 *
* ALPHA,BETA             PARAMETRES(ARG)        REAL*8            *
* DIFF                   PARAMETRES(RES)        REAL*8            *
* SENS                   PARAMETRE (ARG)        INTEGER           *
*                                                                 *
*****************************************************************

      REAL*8  ALPHA,BETA,DIFF
      INTEGER SENS

      IF (SENS.EQ.-1) DIFF=BETA-ALPHA
      IF (SENS.EQ.1) DIFF=ALPHA-BETA
      IF (DIFF.LT.0) DIFF=DIFF+360
      RETURN
      END
*****************************************************************
```

```
REAL*8  FUNCTION DIST(A,B)

*****************************************************************************
* ARGUMENTS      A        un point du plan          array[0..1] of real*8*
*                B        un point du plan          array[0..1] of real*8*
*
* RESULTATS      DIST     une longueur              Real*8                  *
*
* SPECIFICATIONS
*
* DIST recoit lors de l'activation de la fonction DIST la valeur de       *
* la distance qui separe les deux points A et B                           *
*****************************************************************************

*****************************************************************************
* DECLARATIONS
*
* NOM            TYPE DE VARIABLE                  TYPE FORTRAN            *
*
* A              PARAMETRE(ARG)                    REAL*8 A(0:1)           *
* B              PARAMETRE(ARG)                    REAL*8 B(0:1)           *
* DIST           FONCTION                          REAL*8                  *
*****************************************************************************

REAL*8   A,B
DIMENSION       A(0:1),B(0:1)

DIST = SQRT((B(0)-A(0))**2 + (B(1)-A(1))**2)
RETURN
END

*****************************************************************************
```

```
      SUBROUTINE PTDEPART(A,ALPHA,B,BETA,DIFF,I,SENS,PTDEP)
*************************************************************************
* ARGUMENTS
*
* A      Pt de la droite D          Array[0:1] of Real*8
* ALPHA  Angle de la droite D       Real*8
* B      Pt de la droite D'         Array[0:1] of Real*8
* BETA   Angle de la droite D'      Real*8
* SENS   Sens du virage             Integer
* DIFF   Angle du virage            Real*8
* I      Point d'intersection       Array[0:1] of Real*8
*
* RESULTATS
*
* PTDEP Point de depart du virage        Array[0:1] of Real*8
*
* SPECIFICATIONS
*
* Si les preconditions sont respectees, PTDEP constitue le resul-
* tat de la procedure et represente le point de depart en coordon-
* nees cartesiennes du virage d'un rayon R d'un avion se trouvant
* sur une droite D(A,ALPHA) et desirant rejoindre un point B situe
* sur la droite D'(B,BETA).
*
* PRECONDITIONS
*
* 0 <= ALPHA,BETA < 360
* SENS = 1 OU -1
*************************************************************************

*************************************************************************
* DECLARATIONS
*
* NOM              TYPE DE VARIABLE          TYPE FORTRAN
*
* A                PARAMETRE(ARG)            A(0:1) REAL*8
* B                PARAMETRE(ARG)            B(0:1) REAL*8
* ALPHA            PARAMETRE(ARG)            REAL*8
* BETA             PARAMETRE(ARG)            REAL*8
* SENS             PARAMETRE(ARG)            INTEGER
* PTDEP            PARAMETRE(RES)            PTDEP(0:1) REAL*8
* D                VAR LOCALE                REAL*8
* DPRIME           VAR LOCALE                REAL*8
* DIFF             PARAMETRE(ARG)            REAL*8
* I                PARAMETRE(ARG)            I(0:1) REAL*8
*************************************************************************

      INCLUDE 'TRACK.CMN'

      REAL*8  ALPHA,BETA,A,B,PTDEP,D,DPRIME,DIFF,I
      INTEGER       SENS
      DIMENSION     A(0:1),B(0:1),I(0:1),PTDEP(0:1)

      GAMMA=(180-DIFF)/2
      D=RMIN/SIND(GAMMA)
      DPRIME=D*COSD(GAMMA)
      PTDEP(0)=I(0)-COSD(ALPHA)*DPRIME
      PTDEP(1)=I(1)-SIND(ALPHA)*DPRIME
      RETURN
      END
```

```
      SUBROUTINE      CTRVIR(C,ALPHA,PT,DIST,SENS)
*************************************************************************
* ARGUMENTS
*
* ALPHA             Angle de la droite D      Real*8
* PT                Pt    de la droite D      Array[0:1] of Real*8
* DIST              Rayon du virage           Real*8
* SENS              Sens  du virage           Integer
*
* RESULTATS
*
* C                 Centre du virage          Array[0:1] of Real*8
*
* SPECIFICATIONS
*
* CTRVIR calcule et affecte a C les coordonnees cartesiennes d'
* un point situe a une distance DIST d'un point PT et sur une
* droite perpendiculaire a la droite D(d'angle ALPHA et de point
* PT) du cote indique par sens.
*
* PRECONDITIONS
*
* ALPHA             angle en degres    0 <= ALPHA < 360
* DIST              positif
* SENS              1 ou -1
*************************************************************************

*************************************************************************
* DECLARATIONS
*
* NOM               TYPE DE VARIABLE          TYPE FORTRAN
*
* C                 PARAMETRE(RES)            C(0:1) REAL*8
* ALPHA             PARAMETRE(ARG)            REAL*8
* PT                PARAMETRE(ARG)            PT(0:1) REAL*8
* DIST              PARAMETRE(ARG)            REAL*8
* SENS              PARAMETRE(ARG)            INTEGER
*************************************************************************


      REAL*8  C,ALPHA,PT,DIST
      INTEGER SENS
      DIMENSION C(0:1),PT(0:1)

      C(0)=PT(0)+SENS*SIND(ALPHA)*DIST
      C(1)=PT(1)-SENS*COSD(ALPHA)*DIST
      RETURN
      END
*************************************************************************
```

```
      SUBROUTINE      FINVIR(C,BETA,NEWPT,DIST,SENS)
*************************************************************************
* ARGUMENTS
*
* C      Point            ArrayC0:1] of Real*8
* BETA   Angle            Real*8
* DIST   Rayon du virage  Real*8
* SENS   Sens  du virage  Integer
*
* RESULTAT
*
* NEWPT  Point            ArrayC0:1] of Real*8
*
* SPECIFICATIONS
*
* NEWPT est le point situe a l'intersection de la droite D
* definie par l'angle BETA et la droite definie par un pt C
* et une distance R.  Cette droite etant perpendiculaire a D
* et le point C se trouvant du cote de la droite D indique par sens.
*
* PRECONDITIONS
*
* BETA            Angle en degre      0<=BETA<360
* DIST            Positif
* SENS            1 ou -1
*************************************************************************

*************************************************************************
* DECLARATIONS
*
* NOM             TYPE DE VARIABLE          TYPE FORTRAN
*
* C               PARAMETRE(ARG)            C(0:1) REAL*8
* BETA            PARAMETRE(ARG)            REAL*8
* NEWPT           PARAMETRE(RES)            NEWPT(0:1) REAL*8
* DIST            PARAMETRE(ARG)            REAL*8
* SENS            PARAMETRE(ARG)            INTEGER
*************************************************************************

      REAL*8          C,BETA,NEWPT,DIST
      INTEGER         SENS
      DIMENSION       C(0:1),NEWPT(0:1)

      NEWPT(0)=C(0)-DIST*SIND(BETA)*SENS
      NEWPT(1)=C(1)+DIST*COSD(BETA)*SENS
      RETURN
      END
```

```
      SUBROUTINE SAVESTRAIGHT(DIST,ENDPOINT)
*************************************************************************
* ARGUMENTS
*
* DIST          Une longueur                    Real*8
* ENDPOINT      Un  point                       Array[0:1] of Real*8
*
* RESULTATS
*
* Mise-a-jour du tableau des segments
*
* SPECIFICATIONS
*
* DIST  est une distance en KM = longueur d'un segment droit
* ENDPOINT est un point du plan en coord. cartesiennes repre-
* sentant la fin d'un segment droit
* 1. si le dernier segment stocke est un segment courbe
*    alors si il y a deja 15 segments stocke alors erreur
*          alors erreur
*          sinon on stocke le segment droit dont la longueur est
*                DIST (converti en NM)
*    sinon on modifie le dernier segment en prolongeant sa lon-
*          gueur par DIST
* 2. on met a jour la variable globale LASTPT
*************************************************************************

*************************************************************************
* DECLARATIONS
*
* NOM           TYPE DE VARIABLE          TYPE FORTRAN
*
* TRACK         COMMON                    TRACK(1:15,1:2) REAL*8
* ITRACK        COMMON                    INTEGER
* MAXTRACK      COMMON                    INTEGER
* LASTPT        COMMON                    LASTPT(0:1) REAL*8
* DIST          PARAMETRE(ARG)            REAL*8
* ENDPOINT      PARAMETRE(ARG)            ENDPOINT(0:1) REAL*8
*************************************************************************

      INCLUDE         'TRACK.CMN'

      REAL*8          DIST,ENDPOINT
      DIMENSION       ENDPOINT(0:1)

      IF (TRACK(ITRACK,2).EQ.0) THEN
          TRACK(ITRACK,1)=CONVNM(DIST)+TRACK(ITRACK,1)
      ELSE
          ITRACK=ITRACK+1
          IF (ITRACK.GT.MAXTRACK) CALL ERREUR(27)
          TRACK(ITRACK,1)=CONVNM(DIST)
          TRACK(ITRACK,2)=0.0
          IPOINT=IPOINT+1
      ENDIF
      POINTS(IPOINT,0)=ENDPOINT(0)
      POINTS(IPOINT,1)=ENDPOINT(1)
      LASTPT(0)=ENDPOINT(0)
      LASTPT(1)=ENDPOINT(1)
      RETURN
      END
```

```
      SUBROUTINE SAVECURVE(RAYON,ANGLE,SENS,ENDPOINT,ENDANGLE,CTR)
*****************************************************************************
* ARGUMENTS
*
* RAYON          Une longueur                 Real*8
* ANGLE          Un angle                     Real*8
* SENS           Sens du virage               Integer
* ENDPOINT       Un point                     Array[0:1] of Real*8
* ENDANGLE       L'angle final                Real*8
* CTR            Le centre du virage          Array[0:1] of Real*8
*
* RESULTATS
*
* Mise-a-jour du tableau des segments
*
* SPECIFICATIONS
*
* Si il y a deja 15 segments stockes
* alors erreur
* sinon 1. stockage du segment courbe avec
*          conversion du rayon en NM
*       2. mise-a-jour des variables globales
*****************************************************************************

*****************************************************************************
* DECLARATIONS
*
* NOM            TYPE DE VARIABLE             TYPE FORTRAN
*
* TRACK          COMMON                       TRACK(1:15,1:2) REAL*8
* ITRACK         COMMON                       INTEGER
* MAXTRACK       COMMON                       INTEGER
* LASTANG        COMMON                       REAL*8
* LASTPT         COMMON                       LASTPT(0:1) REAL*8
* RAYON          PARAMETRE(ARG)               REAL*8
* ANGLE          PARAMETRE(ARG)               REAL*8
* ENDANGLE       PARAMETRE(ARG)               REAL*8
* SENS           PARAMETRE(ARG)               INTEGER
* ENDPOINT       PARAMETRE(ARG)               ENDPOINT(0:1) REAL*8
*****************************************************************************

      INCLUDE          'TRACK.CMN'

      REAL*8           RAYON,ANGLE,ENDPOINT,CONVNM,CTR(0:1)
      INTEGER          SENS
      DIMENSION        ENDPOINT(0:1)

      ITRACK=ITRACK+1
      IF (ITRACK.GT.MAXTRACK) CALL ERREUR(28)
      TRACK(ITRACK,1)=ANGLE
      TRACK(ITRACK,2)=SENS*CONVNM(RAYON)
      LASTPT(0)=ENDPOINT(0)
      LASTPT(1)=ENDPOINT(1)
      LASTANG  =ENDANGLE
      ICTR=ICTR+1
      CENT(ICTR,0)=CTR(0)
      CENT(ICTR,1)=CTR(1)
      IPOINT=IPOINT+1
      POINTS(IPOINT,0)=ENDPOINT(0)
```

```
POINTS(IPOINT,1)=ENDPOINT(1)
RETURN
END
**********************************************************************
```

```
      SUBROUTINE INSERERDR
*****************************************************************
* ARGUMENTS
*
* AUCUN
*
* RESULTATS
*
* Mise-a-jour eventuelle du tableau des segments et de la
* variable globale LASTPT
*
* SPECIFICATIONS
*
* Si le dernier segment stocke est courbe
* alors on stocke un segment droit de longueur 0.1 KM
*****************************************************************

*****************************************************************
* DECLARATIONS
*
* NOM              TYPE DE PARAMETRE        TYPE FORTRAN
*
* TRACK            COMMON                   TRACK(1:15,1:2) REAL*8
* ITRACK           COMMON                   INTEGER
*****************************************************************

      INCLUDE          'TRACK.CMN'

      IF (TRACK(ITRACK,2).NE.0)  CALL STRAIGHT(0.1)
      RETURN
      END
*****************************************************************
```

```
      SUBROUTINE    MODIF(PTDEP,POSSIBLE)

      INCLUDE           'TRACK.CMN'

      REAL*8  PTDEP(0:1),AVDER(0:1)
      LOGICAL POSSIBLE,PREC

      D=DIST(LASTPT,PTDEP)
      IF (PREC(LASTPT,PTDEP,LASTANG)) THEN
              IF (D.GE.5) THEN
                                  POSSIBLE = .FALSE.
                          ELSE
                                  CALL SAVESTRAIGHT(D,PTDEP)
              ENDIF
                                              ELSE
              IF ((TRACK(ITRACK,2).EQ.0).AND.
     1           (D.LT.CONVKM(TRACK(ITRACK,1)))) THEN
                          CALL SAVESTRAIGHT(-D,PTDEP)
                                                    ELSE
                          POSSIBLE=.FALSE.
              ENDIF
      ENDIF
      RETURN
      END
```

```
REAL*8 FUNCTION CONVNM(KM)
REAL*8 KM
CONVNM=KM/1.85318
RETURN
END
```

```
REAL*8  FUNCTION CONVKM(NM)
REAL*8 NM
CONVKM=NM*1.85318
RETURN
END
```

```
      SUBROUTINE CLOTURE

      INCLUDE 'GEN.CMN'
      INCLUDE 'TRACK.CMN'

      CHARACTER*10     FCAN,FPLO

      FCAN=AIRPORT(1:3)//'CAN.DAT'
      FPLO=AIRPORT(1:3)//'PLO.DAT'
```

```
********** SAUVETAGE FICHIER FCAN **********
      OPEN(UNIT=11,FILE=FCAN,STATUS='NEW',ERR=100)
      WRITE(11,5) SIDLAB
    5 FORMAT(A10)
      WRITE(11,10)RWY
   10 FORMAT(I2)
      WRITE(11,15)RWYCAR(0),RWYCAR(1),RECCAR(0),RECCAR(1)
   15 FORMAT(4(1X,F15.3))
      WRITE(11,20)ITRACK
   20 FORMAT(I2)
      WRITE(11,25)(TRACK(I,1),TRACK(I,2),I=1,ITRACK)
   25 FORMAT(F15.8,1X,F15.8)
      WRITE(11,30)NBNAV
   30 FORMAT(I2)
      WRITE(11,35)(NAVUSED(I,1),NAVUSED(I,2),NAVCOORD(I,0),
     1             NAVCOORD(I,1),I=1,NBNAV)
   35 FORMAT(2(A10,1X),2F15.8)
      CLOSE(UNIT=11)
```

```
**********    SAUVETAGE FICHIER FPLO ****************************
      OPEN(UNIT=12,FILE=FPLO,STATUS='NEW',ERR=100)
      WRITE(12,40)SIDLAB
0     FORMAT(A10)
      WRITE(12,42)RWY
2     FORMAT(I2)
      WRITE(12,45)IPOINT
5     FORMAT(I2)
      WRITE(12,50)(POINTS(I,0),POINTS(I,1),I=1,IPOINT)
0     FORMAT(2F15.8)
      WRITE(12,55) ICTR
5     FORMAT(I2)
      WRITE(12,60) (CENT(I,0),CENT(I,1),I=1,ICTR)
0     FORMAT(2F15.8)
      CLOSE(UNIT=12)
      RETURN
00    CALL ERREUR(29)
      RETURN
      END
```