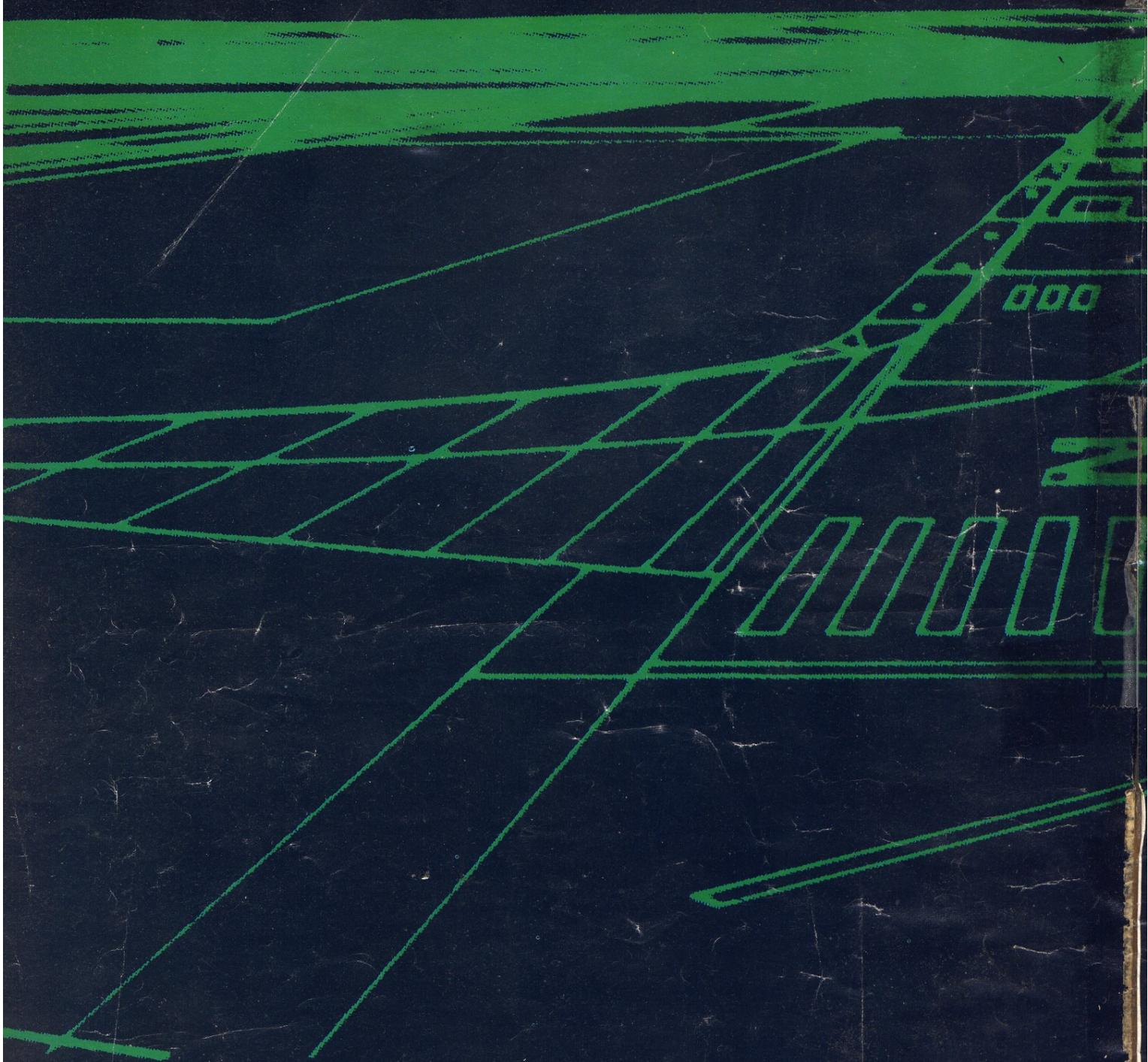


# **INTRODUCTION AU PILOTAGE**



# **SMUL-X: UN PROGRAMME DE VOL SUR MICRO**

**NOTRE  
PROGRAMME  
DU MOIS**

**L'étude des prototypes en aéronautique et l'entraînement des pilotes constituent les deux axes principaux de développement des simulateurs de vol, simulateurs animés par des logiciels qui intègrent les différentes réactions de l'avion réel, en fonction des conditions extérieures et des actions du pilote.**

**Ainsi, lors d'un « événement » (trou d'air, action sur les gouvernes...), le programme effectue les calculs nécessaires et affiche les informations destinées au pilotage, sur les instruments de navigation simulés.**

**En outre, le mouvement résultant de l'avion, placé dans les mêmes conditions, est appliqué à la cabine du simulateur. Des matériels plus élaborés sont dotés d'une caméra qui se déplace relativement à une maquette et restitue devant le pilote, sur un écran, l'image filmée, accroissant ainsi le réalisme de l'entraînement.**

**Avec le programme SIMUL-X, le simulateur sera votre micro-ordinateur, et seuls les instruments les plus connus seront présentés à l'écran, unique relation entre le pilote et la « réalité » du vol.**

# **MME DE SIMULATION O-ORDINATEUR**

**L**orsqu'un avion est placé dans des conditions de vol sans visibilité, le pilote doit se guider exclusivement à l'aide des instruments de bord. Ceux-ci, grâce à toute une infrastructure au sol, permettent une navigation sûre et autorisent les manœuvres nécessaires à la bonne exécution du plan de vol. Malgré cette assistance, des qualités de jugement et de dextérité sont requises pour coordonner en permanence les indications délivrées par le tableau de bord et les différentes commandes. Le pilote doit, en outre, suivre les procédures imposées par les règles du pilotage sans visibilité, dites « règles IFR » (pour Instrument Flying Rules). Il doit aussi se conformer au plan de vol établi.

L'exemple de simulation proposé ici vous place dans ces conditions : pilotage aux instruments, plan de vol (le contrôle du plan de vol n'est pas effectué par le programme, mais vous devez le respecter, faute de quoi vous n'arriverez nulle part !).

Afin d'approcher encore plus la réalité, les différentes informations sont fournies en anglais, qui est – rappelons-le – la langue officielle pour l'aviation commerciale. Cette contrainte est, en fait, limitée à une dizaine de messages traduits dans l'**encadré 1**.

## INTRODUCTION AU PILOTAGE

### Le vol de l'avion

C'est un appareil assez rudimentaire qui est simulé ici, comparé à la réalité.

En effet, les phénomènes régnant le vol réel d'un avion sont très complexes. De nombreux paramètres interviennent, dont chaque ensemble détermine des domaines de vol soumis à des lois précises. Le paramètre le plus important est l'air – sa densité est variable et dépend de différents facteurs dont les principaux sont : l'altitude, la température et le taux d'humidité. Bien entendu, les variations de cette densité vont influencer les conditions de vol ; en particulier, la portance induite par l'aile va augmenter si la densité croît.

Pour simplifier le programme

que nous vous proposons, nous avons fixé des conditions atmosphériques constantes, ne prenant en compte que la variation de l'altitude.

L'avion est un solide en mouvement dans un fluide : l'air. Il est soumis à des forces (fig. 1) qui s'équilibrivent pour donner le mouvement :

■ **Le poids de l'avion** est la première d'entre elles ; notre appareil pèse 185 tonnes au décollage, dont 20 tonnes de carburant. Il va s'alléger pendant le vol au fur et à mesure de sa consommation en carburant.

■ **La portance** caractérise, en quelque sorte, la capacité de l'avion à voler. L'aile est très schématiquement un plan qui se déplace dans l'air avec une incidence  $i$  (fig. 2).

■ **La force P** est la composante de la vitesse selon l'angle  $i$ . C'est là un schéma rudimentaire car de nombreux paramètres interviennent, notamment la cambrure de l'aile (fig. 3).

■ Pour augmenter le domaine de vol d'un avion, on est amené à modifier, au cours du vol, la géométrie de l'aile (fig. 4). C'est le but des volets, qui sont dénommés « Flaps »\* pour les volets du bord de fuite et « Slats »\* pour les volets du bord d'attaque de l'aile.

Le pilote ajuste très exactement la sortie des volets aux conditions locales. Le programme ne prétendant pas s'accommoder de tant de paramètres procède par tout ou rien, ce qui fixe la vitesse limite à 150 noeuds (ou, pour employer le terme anglo-saxon : KNOTS ; un noeud correspond à une vitesse de 1 mile par heure, soit 1 851,82 mètres/heure) pour la vitesse minimum avec « Flaps ». C'est la vitesse limite inférieure : vitesse de décollage, bien sûr, mais aussi le seuil au-dessous duquel il ne faut absolument pas descendre.

■ **La traînée** est la force induite par l'incidence de l'aile mais aussi par le frottement de l'air sur tout l'appareil. Elle diminue avec l'altitude et augmente avec la sortie des flaps.

■ **La poussée** est la force qui équilibre la traînée. Elle est délivrée par les moteurs. Pour les réacteurs, la puissance fournie est fonction du nombre de tours par minute, mais aussi de la quantité d'air introduite dans le

\* Les termes comportant un astérisque sont détaillés dans l'**encadré 2**.

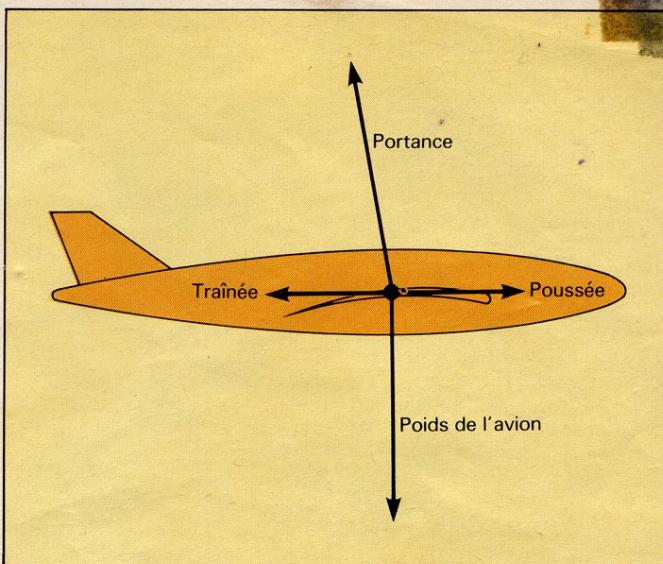


Fig. 1. – Les principales forces s'exerçant sur un avion en vol.

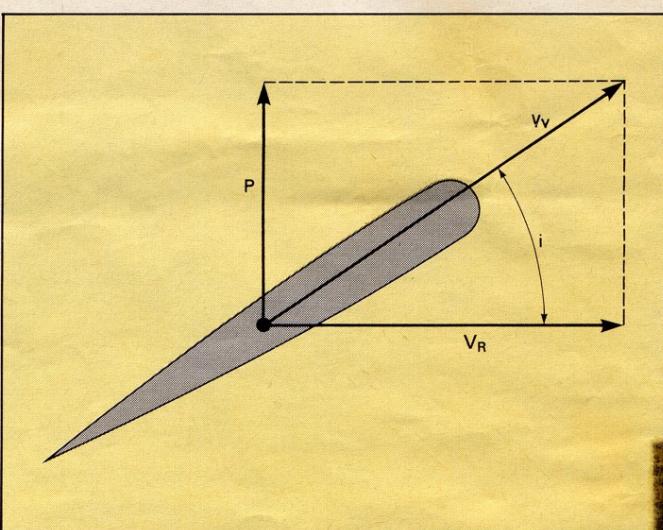


Fig. 2. – Matérialisation de la portance d'une aile.

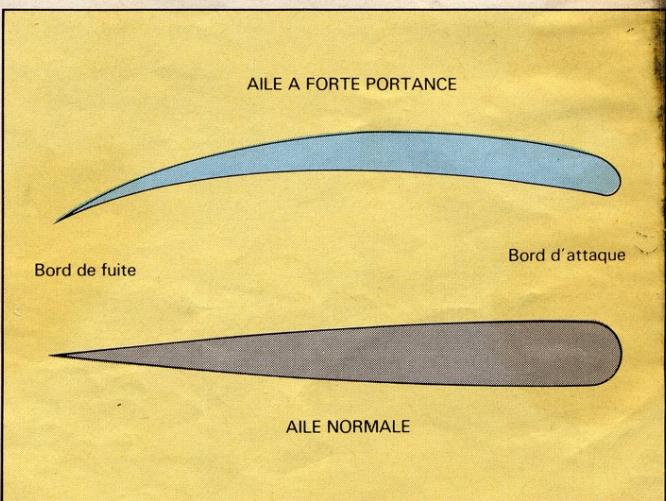


Fig. 3. – Deux formes d'aile. Les dessins d'aile à forte portance n'autorisent pas des vitesses élevées.

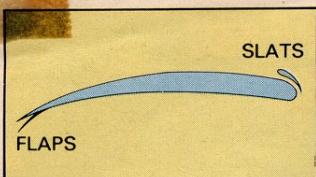


Fig. 4. – Modifications du profil d'une aile par des volets.

réacteur. Elle augmente donc avec la vitesse et décroît si la densité de l'air diminue. Les moteurs modernes sont conçus pour avoir un fort rendement en altitude, ce qui accroît le rayon d'action dans de fortes proportions.

Quand l'avion quitte le vol horizontal, sa vitesse horizontale devient la composante de sa vitesse selon l'angle de « Pitch »\* P (fig. 5). Sa vitesse de déplacement par rapport au sol est moins grande quand il monte. Il est possible de vérifier ceci en cabrant l'avion pour une vitesse stabilisée : la vitesse va décroître.

Vous pouvez voir au travers de ce phénomène toute la complexité d'un vol stabilisé. On obtient ce dernier avec une poussée qui équilibre la traînée ou encore avec une poussée plus forte et une incidence de l'avion par rapport à l'horizontale.

## Le décollage (take off)

La piste du simulateur (fig. 6) mesure 200 pieds de large et 10 500 pieds de long, soit environ 60 mètres par 3 200 mètres.

L'avion se présente en début de piste, flaps sortis et moteurs au ralenti (à l'écran, le cadran « THRUST »\* indique la position « IDLE »).

Lorsque le pilote reçoit le message l'autorisant à décoller (« You are cleared for take off at 8.00 »), il a une minute pour exécuter les opérations de décollage. En premier lieu, il doit relâcher les freins (B) puis mettre la puissance au maximum (F) tout en maintenant l'avion dans l'axe de la piste.

L'affectation des touches est donnée **tableau 1**.

La position de l'avion sur la piste est simulée par un A dans la fenêtre sur l'écran. Le vent transversal a tendance à faire sortir l'avion de la piste. Il s'agit donc d'être vigilant, d'autant que plus la vitesse s'accroît, plus les déviations de trajectoires sont rapides.

Les corrections sont faites à l'aide des touches ← et → de manière à conserver le cap dans la direction de la piste.

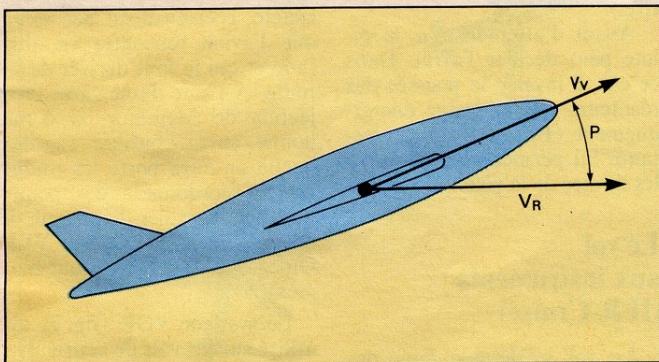


Fig. 5. – Représentation de l'angle de montée (ou « pitch »).

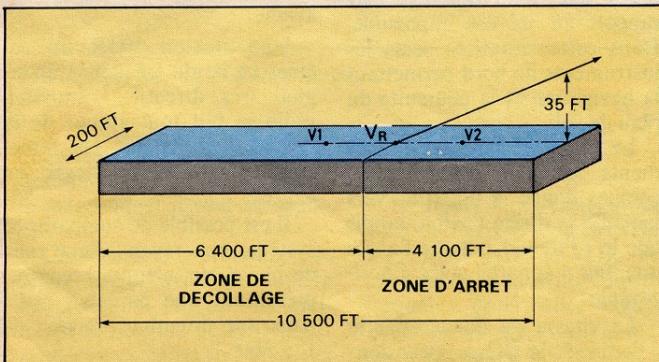


Fig. 6. – La piste de décollage du simulateur.

### Encadré 1

## TRADUCTION DES MESSAGES EN ANGLAIS

**Lors des phases critiques du vol, le simulateur renseigne le pilote sur l'environnement de l'avion par des messages en anglais, dont nous fournissons ici la traduction.**

### You are cleared for take off at 08.00.

Vous êtes autorisé à décoller à 08.00 heures.

### Congratulations for a successful flight.

Félicitations pour ce vol réussi.

### It is better for the aircraft to stand on its landing gear.

Il est préférable pour l'appareil de le poser en sortant son train d'atterrissement.

### You must release the brakes before setting the thrust to max.

Vous devez relâcher les freins avant de libérer toute la puissance.

### You rolled off the decision point for take off without action.

Vous avez dépassé le point de décision de décollage sans action.

### You ran out of the runway.

Vous avez quitté la piste.

### You failed in crucial manœuvres.

1. Landing gear raised below 400 Ft.
2. Flaps to be retracted below 240 Kts.
3. Flaps to be setted below 200 Kts.
4. Thrust reduce above 1 500 Ft.
5. Thrust reduce below 2 000 Ft.
6. Speed must not exceed 950 Kts.

Vous avez raté des manœuvres primordiales :

1. Le train d'atterrissement doit être relevé en dessous de 400 pieds.
2. Les « flaps » doivent être rentrés avant 240 nœuds.
3. Les « flaps » doivent être sortis en dessous de 200 nœuds.
4. La poussée doit être réduite au-dessus de 1 500 pieds (décollage).
5. La poussée doit être réduite en dessous de 2 000 pieds (atterrissement).
6. La vitesse ne doit pas dépasser 950 nœuds.

### You flew into the ground. Congratulations.

Félicitations, votre avion s'est écrasé !

### You touch ground before the runway.

Vous avez touché le sol avant le début de la piste.

### You are out of fuel. Congratulations.

Vous êtes à court de carburant. Bravo !

### You try to set the brakes when gears are up.

Vous essayez de freiner alors que le train d'atterrissement est rentré.

Tableau 1

## LES TOUCHES DE COMMANDE

VOR	RANGE					
114.6 MHz	TO	!	!	!	!	!
RADIAL		!	!	!	!	!
31		!	!	!	!	!
.....		!	!	!	!	!
H		!	!	!	!	!
DNE		!	!	!	!	!
146.3		!	!	!	!	!
NM		!	!	!	!	!
.....		!	!	!	!	!
OMEGA	CLOCK	COMPASS	PITCH	THRUST	FUEL %	
N 48 47.7 LAT	8 3 59	33	+5	MAX	18930 82	
E 2 34.7 LONG		( 31 )	DEG	%,	KG	
VERT SPEED	ALTITUDE	COURSE	FLAPS	WHEELS BRAKES		
3802	4,626 FEET		>UP	>UP SET		
RADAR ALT	AIRSPED		IDL			
0 FEET	460 KTS		DWN	REV DWN	YREL	

- F** (Full thrust) Donne le maximum de poussée moteur (thrust : poussée des réacteurs).
- R** (Reverse thrust) Inverse la poussée moteur.
- I** (Increase thrust) Augmente la poussée moteur.
- D** (Decrease thrust) Diminue la poussée moteur.
- ↓ Pitch down Incline l'avion de - 1° : descente.
- ↑ Pitch up Incline l'avion de + 1° : montée. Lors du décollage, l'appui sur cette touche lève le nez de l'avion de 5°. Le pas de 1° est repris immédiatement après.
- Pitch cancel Remet l'avion à l'horizontale (cancel : annulation).
- ← Rudder left Fait tourner l'avion de 1° à gauche (rudder : gouvernail).
- Rudder right Fait tourner l'avion de 1° à droite.
- L (Flaps) Fait sortir ou rentrer les volets.
- W (Wheels) Fait sortir ou rentrer le train d'atterrissement.
- B** (Brakes) Actionne ou relâche les freins.
- A** (VOR auto select) Donne automatiquement le radial sur lequel l'avion doit être calé et change la direction de l'avion en fonction de celui-ci.
- C** (Compass) Demande en bas de l'écran la route que l'on veut suivre. Frappe de la route ex. 28, CR.
- V** (VOR Select) Demande la fréquence du VOR et ensuite le radial.
- M** Demande d'abandon de l'atterrissement en cours. L'avion reprend alors automatiquement de la vitesse.

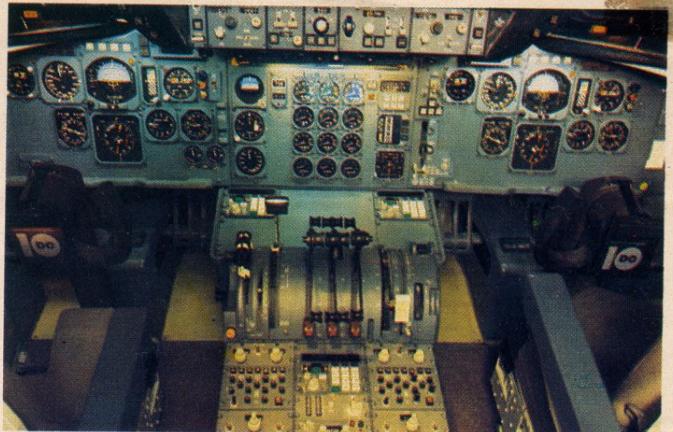
Tableau 1. – Les touches ont été affectées à des fonctions de commande permettant de piloter l'appareil.

Lorsque la vitesse atteint 150 nœuds, le décollage de l'appareil peut être demandé par appui sur ↑. L'avion se cabre alors de 5° et entame sa montée.

Dès que la vitesse ascensionnelle est affichée (W), le train

d'atterrissement peut être rentré. Dans tous les cas, il doit l'être impérativement avant 400 pieds d'altitude.

Lorsque la vitesse se trouve entre 200 et 220 nœuds, les volets doivent à leur tour être relevés (L). L'ascension de l'appareil



appareil est maintenue tout en conservant le cap. Entre 1 500 et 2 000 pieds, la puissance doit impérativement être réduite (D) afin de passer à la phase de vol.

L'instant crucial du décollage est le point de décision **V<sub>R</sub>**, comme le montre la **figure 6**. Le pilote a alors quelques fractions de seconde pour décider s'il décolle ou s'il stoppe. Le point **V<sub>R</sub>** correspond au point de la piste atteint lorsque l'avion a une vitesse de 150 nœuds. Le pilote doit faire son choix entre **V<sub>I</sub>** et **V<sub>R</sub>**.

En aucun cas il ne peut dépasser **V<sub>R</sub>** sans décision. Une fois cette dernière prise, elle doit être appliquée sans alternative.

Avant d'atteindre **V<sub>R</sub>**, le pilote peut décider l'arrêt. Dans ce cas, il inverse la poussée des réacteurs (**R**) et freine énergiquement (**B**) ; la distance restante lui permet un arrêt dans les limites de la piste.

### Le vol aux instruments (IFR-Cruise)

Le vol se déroule dans des conditions de plafond nuageux telles que tout repérage par rapport au sol est impossible. Dans cette situation, seuls les instruments de bord permettent la navigation et la poursuite du plan de vol.

Le pilote dispose des instruments les plus courants. Le compas donne la direction vers laquelle se dirige l'avion, tandis que le « Pitch »\* indique l'angle que fait l'appareil avec l'horizontale.

La vitesse est donnée par le « Badin »\*, la vitesse ascensionnelle étant obtenue à l'aide d'un variomètre\*. L'altitude est,

quant à elle, lisible sur l'altimètre.

Un appareil radio, le V.O.R.\* (Very High Frequency Omnidirectionnal Range), permet de se diriger sur des distances inférieures à 300 miles au-dessus de la terre ferme.

Un autre dispositif radio, le V.L.F. (Very Low Frequency) Omega\*, délivre la position exacte de l'avion. A partir d'ondes de très basses fréquences émises depuis des stations au sol selon un codage de phase, ce système établit la position de l'avion en latitude et en longitude (degré et minute). Le programme reproduit fidèlement ce dispositif qui permet à tout instant de connaître sa position exacte, ceci en dépit des vents que l'avion rencontre en altitude et qui le font dériver de sa route. A l'aide d'une carte Projection de Mercator ou d'une bonne carte routière sur laquelle on aura porté les routes et les coordonnées des points que doit survoler l'appareil, il est possible, grâce au VLF Omega, de se situer à tout moment.

Le système VOR (fig. 7) est utilisé sur les vols de courte distance. Ce système de guidage est le plus utilisé à bord d'un avion.

Une station VOR au sol émet en haute fréquence un signal très directif. L'émission radio se fait tout autour de la station dans toutes les directions comptées de degré en degré.

Il est possible de comparer ce système aux rayons d'une roue de bicyclette, chaque rayon représentant une émission radio dans une direction précise : de 1° à 360°.

A bord, le pilote sélectionne sur l'appareil VOR la fréquence

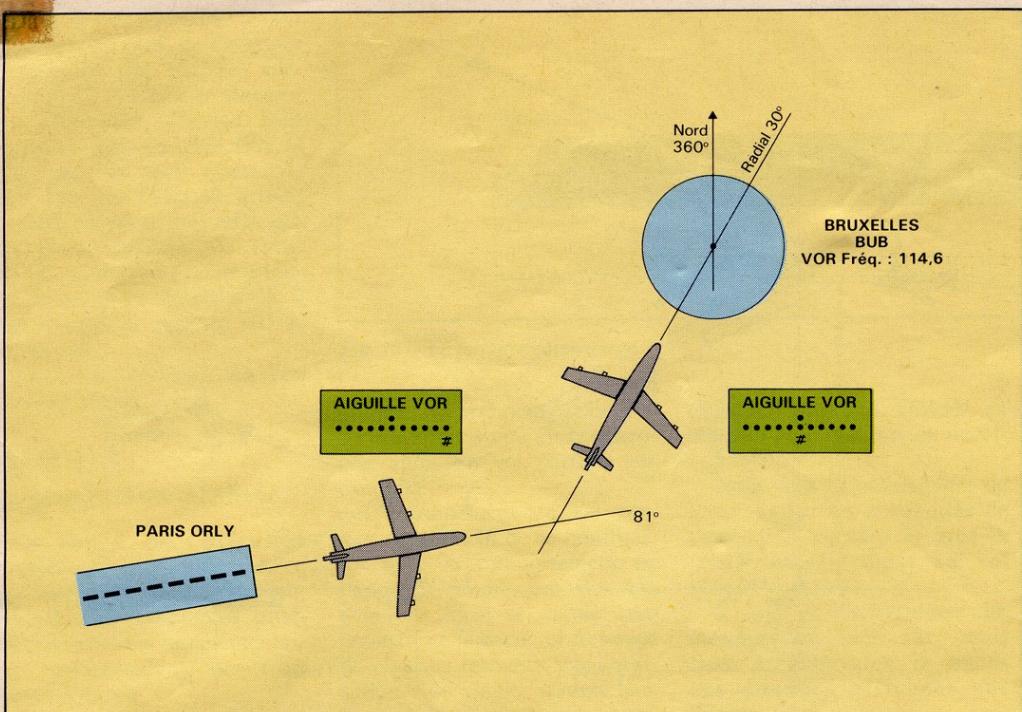


Fig. 7. – Exemple de changement de radial VOR : après le décollage d'Orly, l'appareil se dirige sur Bruxelles.

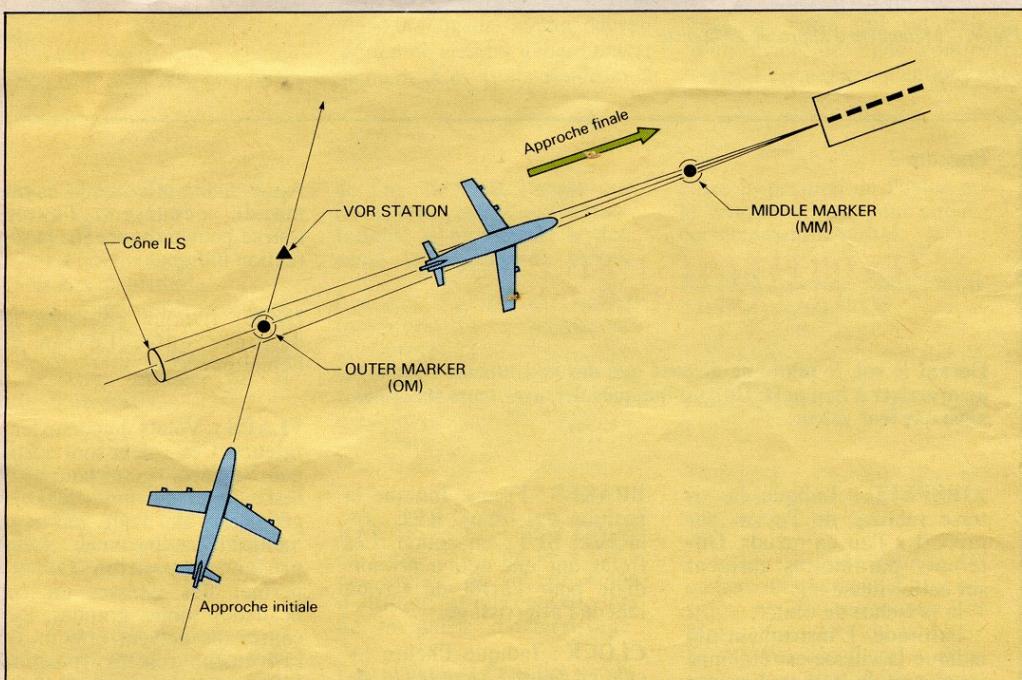


Fig. 8. – Le cône « ILS » d'atterrissement.

de la balise la plus proche de sa destination, ainsi que le radial\* le long duquel il veut se déplacer.

Ces opérations effectuées, le pilote dirige l'avion de manière que l'aiguille (ici un #) indiquant la position de l'avion par rapport à ce canal soit la mieux centrée possible. Lorsqu'elle est au zéro, l'avion suit très exacte-

ment le couloir fixé par le radial.

La figure 7 montre comment voler de Paris/Orly à Bruxelles, à l'aide du système VOR. Premièrement, il faut introduire la fréquence de la balise VOR de Bruxelles (114,6 MHz) et le radial sélectionné 30. L'avion venant de décoller est dans l'alignement de la piste, avec un

cap au 81. Il faut garder ce cap et surveiller attentivement l'aiguille qui indiquera l'accrochage du radial.

Dès qu'elle a bougé, il faut changer la route pour se mettre au 30. Dès lors, les corrections nécessaires doivent être effectuées pour amener l'aiguille au centre.

L'avion se dirige alors vers

Bruxelles le long du radial 30. Il peut y avoir une différence entre l'indication fournie par le compas, mais l'aiguille du VOR est là pour rappeler que le cap est correctement suivi. Le système DME (Distance Measuring Equipment) fournit une autre indication particulièrement utile. Cet appareil affiche en permanence la distance (en miles nautiques) qui sépare l'avion de la balise VOR sélectionnée. De plus, il indique (**RANGE**) si vous vous rapprochez de la balise (**TO**), si vous vous éloignez (**FROM**) ou si le VOR est inactif (**OUT**). Le VOR peut être inactif dans deux cas : si aucune station n'a été sélectionnée ou si la distance jusqu'à la balise recherchée est supérieure à 300 miles. C'est pourquoi, sur une grande distance, il faudra se diriger de station en station.

Bien entendu, il existe toujours un radial qui relie deux aéroports, mais vous devrez utiliser la plupart du temps celui qui est défini dans le plan de vol, conformément aux règles en vigueur.

Une autre commande ajoutée au VOR est très utile : lorsque le joueur est désorienté, il peut demander au VOR d'indiquer le radial sur lequel il se trouve. La commande A donne cette indication et, de plus, fait tourner l'avion dans la direction de la station sélectionnée.

Ceci facilitera l'entraînement mais aussi l'approche finale en vue d'un aéroport. Pendant cette phase, il faut être très précis pour accrocher le faisceau d'onde qui permet l'atterrissement ; il est important de pointer dans la direction exacte, et la commande A y pourvoit. Bien sûr, il est préférable de faire appel à cette commande le moins possible pour essayer de s'approcher au plus près de la réalité.

## L'atterrissement ILS

Quand le pilote arrive à son point de destination, le système VOR n'est plus suffisant pour lui permettre un atterrissage sans visibilité. Il doit alors utiliser un autre système appelé ILS (Instrument Landing System).

Une installation ILS est constituée d'émetteurs radio, placés judicieusement sur l'aéroport. Ceux-ci émettent des faisceaux d'onde extrêmement directionnels, qui convergent

sur un point précis de la piste (**fig. 8**). Ils fournissent un cône appelé « cône ILS » qui va permettre au pilote, grâce aux instruments de bord, de se maintenir dans les conditions idéales pour atterrir en toute sécurité sur la piste. Deux instruments servent à cette opération : le radar d'altitude, qui permet de connaître la position exacte de l'avion au-dessus du sol ; son emploi est nécessaire, l'altimètre donnant une indication par rapport au niveau de la mer et, malgré la connaissance de l'altitude de la piste, sa précision ne serait pas suffisante.

L'autre instrument, le « récepteur ILS », indique, grâce à deux aiguilles, la position de l'avion par rapport au centre du cône ILS.

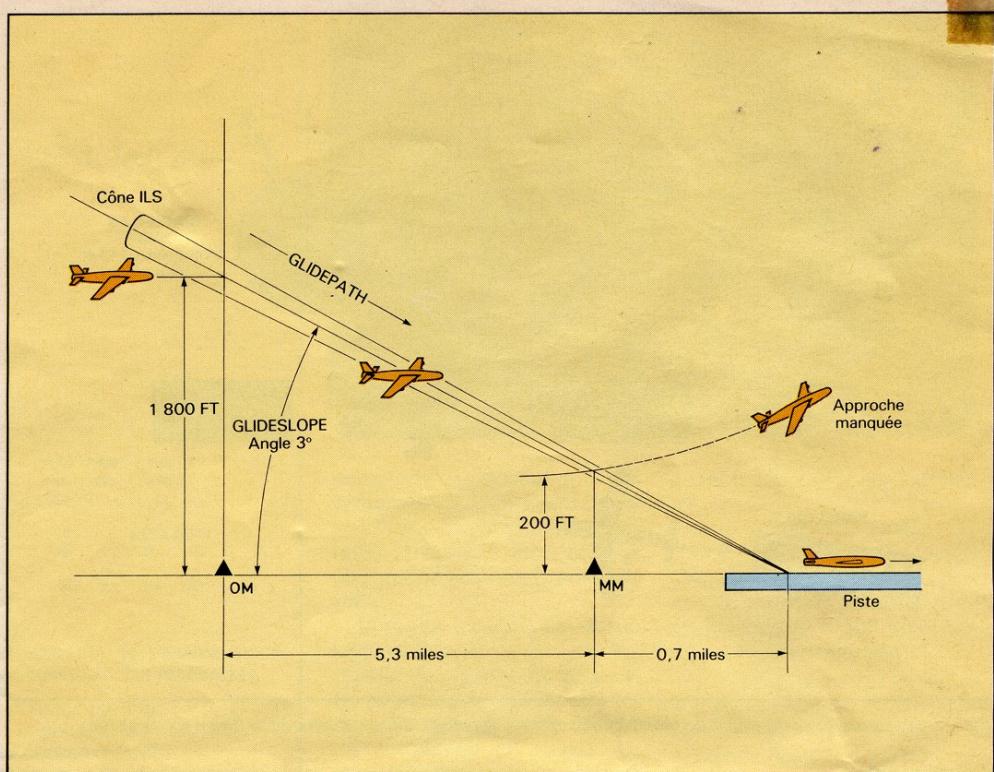
Enfin, un indicateur appelé **MARKER** va seconder le pilote pour lui indiquer les deux points de passage importants, dans le cône ILS.

Lorsque l'avion survole le point Outer Marker (**OM**), le marker s'allume, indiquant au pilote qu'il vient d'accrocher le faisceau ILS au bon endroit. Le pilote aura dû, auparavant, présenter l'avion dans les meilleures conditions pour accrocher le faisceau, soit une altitude comprise entre 1 700 et 1 900 pieds et une route bien calée sur le VOR (**fig. 9**).

Dès que le marker s'allume, le pilote doit manœuvrer pour amener l'avion dans la direction de la piste. Lorsque le bon cap est pris, le « **croisillon ILS** » se met à fonctionner. Le pilote doit alors amener les aiguilles dans la position centrale. Il guide son appareil dans le faisceau ILS. Le cône se rétrécissant au fur et à mesure de l'approche, la manœuvre demande de plus en plus de précision, sachant qu'il est bon de garder un œil sur le radar d'altitude et sur le marker.

En effet, le passage au-dessus du deuxième point appelé « Middle Marker », ou **MM**, va déclencher un second clignotement du marker. C'est le point de décision d'atterrissement.

Durant le temps de présence du marker, il est possible d'annuler la procédure d'atterrissement en cours (appui sur **M**). Dans ce cas, l'avion va reprendre de l'altitude, remettre les gaz et s'éloigner de la piste. Il appartient alors au pilote d'effectuer une nouvelle tentative d'atterrissement.



*Fig. 9. – Manœuvre d'approche de la piste.*

#### Encadré 2

### LES DIFFÉRENTS INSTRUMENTS DU TABLEAU DE BORD

**Durant le vol, le pilote ne dispose que des instruments courants pour arriver à bon port. Ils sont indiqués, ici, avec leurs fonctions ainsi que leur valeur.**

**AIRSPEED :** Indique la vitesse relative de l'avion par rapport à l'air en nœuds. Différents paramètres influent sur cette vitesse :  
– la présence de vent,  
– l'altitude. L'instrument qui indique la vitesse est étalonné au niveau de la mer. Lorsque l'altitude augmente, l'air se raréfie et la vitesse réelle est plus grande que celle indiquée par l'instrument.

**ALTITUDE :** Indique l'altitude de l'avion par rapport au niveau de la mer en feet (pieds).

**BADIN :** Anémomètre destiné à indiquer la vitesse relative d'un avion.

**BRAKES :** Freins. Indique la position des freins. REL : relâchés ; SET : en action. Les freins ont une action primordiale pour l'arrêt de l'avion lors de l'atterrissement.

**CLOCK :** Indique l'heure locale en heures, minutes et secondes.

**COMPASS :** Indique la direction vers laquelle se dirige l'avion : 360 au nord, 90 à l'est, 180 au sud, 270 à l'ouest, etc.

**COURSE :** Indique la direction vers laquelle l'avion doit s'aligner. Ceci est une aide précieuse dans le cours du jeu, lorsqu'il faut changer de direction de façon importante.

Après avoir effectué la commande « course », l'avion tourne pour s'aligner sur la direction indiquée.

**DME :** Indique en miles la distance entre l'avion et l'émetteur VOR.

**FLAPS :** Volets hypersustentateurs. Ces volets sont sortis pour le décollage et pour l'atterrissement. Ils modifient la géométrie de l'aile en augmentant sa portance. Leur présence (position DWN) permet des vitesses en vol beaucoup moins grandes. Par contre, ils doivent être impérativement rentrés (position UP) avant que la vitesse relative de l'avion n'atteigne 220 Kts. Sans quoi, il y aurait risque de destruction de l'aile.

En fonction de la vitesse et de la présence des flaps, les vitesses de décrochage sont différentes.

Le décrochage intervient lorsque la portance induite par la vitesse et par la géométrie de l'aile n'équilibre plus la masse de l'avion. Celui-ci se met

Dans le cas contraire, il faut atterrir, et la piste ne tarde pas à apparaître (fig. 10). Les opérations d'atterrissement doivent être effectuées. L'avion bien maintenu dans le cône ILS, il faut sortir le train d'atterrissement. Dès que l'altitude atteint 50 pieds, le pilote doit redresser l'avion à l'horizontale (touche →), et lorsque l'avion a touché le sol (altitude radar 0), il faut inverser la poussée (R) et freiner (B).

Tout ceci nécessite un peu d'entraînement.

## SIMUL-X un programme réaliste

En dehors de l'exécution complète d'un plan de vol, ce qui représente le but du jeu, SIMUL-X vous propose quelques possibilités supplémentaires, correspondant aux trois phases d'un vol :

- 1° entraînement au décollage,
- 2° entraînement au vol guidé en altitude,
- 3° entraînement à l'atterrissement.

Chaque phase a ses particularités et il peut être bon de s'y

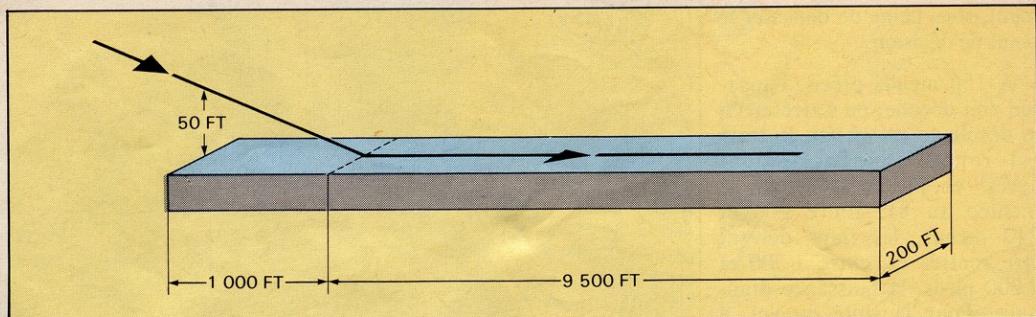


Fig. 10. – Le terrain d'atterrissement.

préparer séparément, pour éviter un atterrissage en catastrophe après un vol parfait, par exemple.

L'entraînement en vol permet notamment de se familiariser avec le comportement de l'appareil proprement dit. Un avion de ligne se manie avec douceur et fermeté, et le temps de réaction introduit par l'utilisation d'un clavier traduit bien la nécessité d'effectuer les commandes à l'instant précis auquel elles sont requises, ceci sans précipitation. En dessous de 4 000 pieds, aucun courant aérien ne viendra gêner l'entraînement. Ces vents rendront la

tâche un peu plus difficile en altitude ainsi que lors du décollage.

Nous vous recommandons de tester toutes les possibilités de l'avion (cf. encadré 2) avec la partie entraînement au vol (Flight Training).

Il s'agit de s'accoutumer aux commandes, bien sûr, mais aussi à l'observation de toutes ces données affichées sur l'écran.

Un délai existe entre la commande et sa prise en charge réelle. Ceci correspond à la réaction lente qui est exigée d'un avion de ligne commerciale. Le passager n'entend pas

être secoué. Il vous faudra donc vous habituer à ce délai et l'intégrer dans vos réactions. Un certain entraînement est nécessaire pour faire face, dans de bonnes conditions, à la phase d'atterrissement qui nécessite beaucoup de coordination.

## Exemple de vol : Paris-Bruxelles

L'avion est en début de piste, moteurs au ralenti. Flaps sortis, freins mis. L'axe de la piste est au 81. Le pilote relâche les freins et met toute la puissance. Celle-ci doit être libérée rapide-

ment à chuter librement. Ces vitesses limites sont :

- 150 Kts avec flaps
- 200 Kts sans flaps
- 950 Kts en altitude.

Il faut donc impérativement sortir les flaps en dessous de 220 Kts. Au décollage, l'avion se présente toujours sur la piste, flaps sortis.

**FUEL** : Donne la quantité de carburant disponible en kilogrammes, ainsi que le pourcentage de remplissage des réservoirs principaux.

**ILS** : Ensemble de deux traits formant un croisillon qui indique la position de l'avion dans le cône ILS lors de la phase d'atterrissement.

**MARKER** : Un spot apparaît pour signaler la présence de l'avion dans le cône ILS. Il apparaît une seconde fois pour indiquer le point de décision d'atterrissement.

**PITCH** : Indique en degrés positifs ou négatifs l'attitude

de l'avion. C'est l'angle que fait celui-ci avec l'horizontale. Indique la montée ou la descente la plupart du temps.

Lorsque l'avion est cabré (pitch positif), la composante horizontale de sa vitesse relative est moins grande. En conséquence, si la puissance n'équilibre pas parfaitement cet écart de vitesse, l'avion peut se mettre à descendre.

**RADAR ALTITUDE** : Donne en pieds l'altitude de l'avion par rapport au sol. Le radar d'altitude est mis en route lors de la phase d'atterrissement.

L'avion volant dans des conditions de visibilité nulle ou presque, l'indication fournie par l'altimètre est fausse puisque basée sur le niveau de la mer. On a alors recours au radar pour donner une altitude précise par rapport au sol.

**RADIAL** : Indique en degrés la valeur du radial VOR choisi. En dessous, le spot donne, par sa position, l'écart

entre la position de l'avion et la position idéale pour suivre correctement le radial.

**RANGE** : Donne l'état fourni par le récepteur VOR :

- OUT, hors fonction ;
- FROM, l'avion s'éloigne de la balise ;
- TO, l'avion se dirige vers la balise.

**THRUST** : Position des leviers de commandes de la poussée des moteurs :

- MAX : utilisée pour le décollage uniquement. Cette position ne doit en aucun cas être utilisée lors de la phase de vol. Au décollage, la puissance doit être réduite entre 1 500 et 2 000 pieds (feet) d'altitude.

- REV (reverse) : sert essentiellement à l'atterrissement, pour freiner l'avion par inversion de la poussée des moteurs. Elle peut être utilisée pour arrêter l'appareil lors du décollage.

- IDLE : position de fonctionnement minimum en période de vol ; si la puissance

est sur cette position, l'avion ralentit sa vitesse.

- Positions intermédiaires : la position juste au-dessus de IDLE donne une vitesse stabilisée pour un vol horizontal ou en descente. Les autres positions impliquent une accélération.

**VARIOMETRE** : Instrument de mesure des vitesses ascendantes.

**VERT SPEED** : Indique la vitesse ascensionnelle de l'avion en pieds par seconde. La valeur est positive si l'avion monte, négative dans l'autre cas.

**VLF OMEGA** : Indique la position de l'avion en latitude et longitude. Ces renseignements sont donnés en degrés et minutes d'arc.

**VOR** : Indique la fréquence sur laquelle l'appareil VOR est calé.

**WHEELS (roues)** : Donne la position du train d'atterrissement : rentré, UP ; sorti, DWN.

ment, sous peine de dépasser le point de décision.

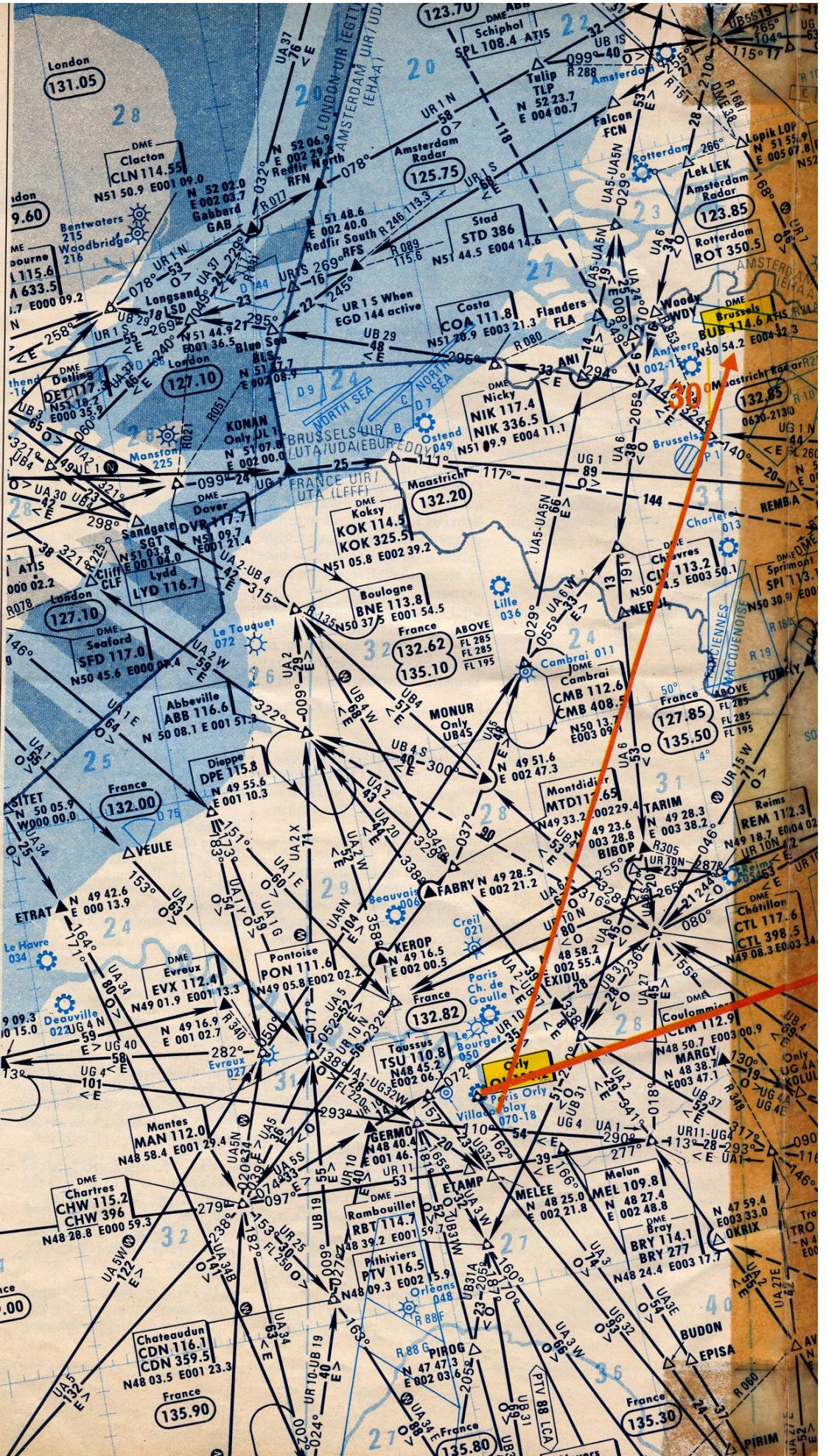
A 150 noeuds précis, l'appareil doit décoller ou s'arrêter. Si le décollage est choisi, le train est rentré immédiatement après, et l'avion poursuit sa montée au 81. Entre 200 et 240 noeuds, les flaps doivent être rentrés et, entre 1 500 et 2 000 pieds, la puissance diminuée. Pour la suite du vol, il faut introduire la fréquence du VOR de Bruxelles (114,6) et le radial choisi (30° dans le cas actuel). L'ascension se poursuit alors en surveillant l'aiguille du VOR. Dès que celui-ci est accroché, il faut virer au 30 en utilisant la commande C jusqu'à amener le repère au centre. La montée peut être réduite pour atteindre une altitude de croisière de 15 000 pieds avec une vitesse indiquée de 400 noeuds. Lorsque le DME (distance entre l'avion et l'émetteur VOR) indique 40 miles, la descente sur Bruxelles doit être entamée. Réduisez la vitesse (THRUST sur IDLE) et ajustez le pitch pour descendre régulièrement jusqu'à 1 800 pieds.

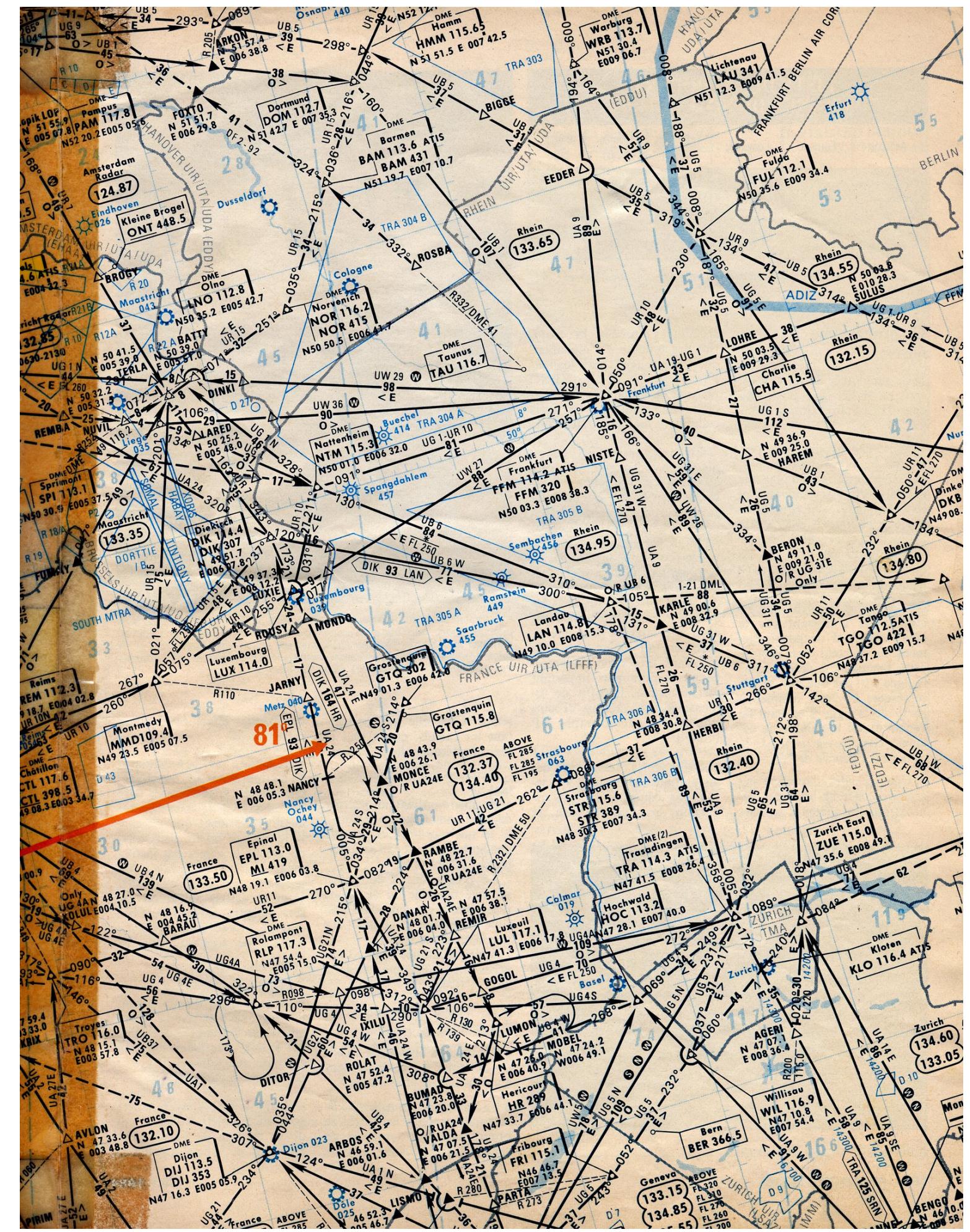
A cette altitude, stabilisez l'avion et maintenez le cap pour rester aligné (commande A si nécessaire).

Quand le DME indique 10 miles, on peut commencer la procédure d'approche. La vitesse doit être réduite à 200 noeuds, les flaps sortis puis la vitesse à nouveau réduite à 160 noeuds. Lorsque le marker s'allume, il faut viser au 76 (par la commande C). Dès que le marker s'éteint, l'ILS entre en fonction. Il faut ajuster les commandes pour rester dans le cône ILS. A ce moment, le train peut être sorti. Le marker s'allume à nouveau, indiquant la décision d'atterrir. Ce point franchi, il faut terminer la manœuvre. Il est indispensable de regarder l'alignement et de surveiller l'altitude radar : dès qu'elle indique moins de 50 pieds, il faut exécuter l'arrondi final (touche « - »).

Lorsque l'avion est posé sur la piste, inversez la poussée et mettez en action les freins. ►

*La carte de navigation en vol : le trajet Paris-Bruxelles est marqué en lignes épaisse dans cet exemple.*





## LISTE DES AÉROPORTS CONNUS DU SIMULATEUR

Aéroport	Latitude	Longitude	VOR Fréq. (MHz)	Altitude (pieds)	Radial piste
Orly	48,7161	2,3833	111,2	285	81
Lyon	45,75	4,95	116,3	636	168
Marseille	43,45	5,2	117,1	66	138
Milan	45,63301	8,7	113,7	691	352
Bruxelles	50,9	4,4833	114,6	164	76

Tableau 2. – Les aéroports connus du simulateur sont identifiés par cinq coordonnées.

### Un programme ouvert

Ce simulateur de vol IFR est écrit en Basic, type Basic Microsoft, et fonctionne sous CP/M.

Il est conçu pour vous permettre d'ajouter tout le graphisme nécessaire à un réalisme plus élaboré. Les affichages et les commandes sont réalisés en mode alphanumérique. Cette approche permet une adaptation à beaucoup de types de micro-ordinateurs utilisant d'autres Basic.

Néanmoins, tous les micro-ordinateurs n'utilisant pas le même standard de positionnement du curseur sur l'écran, cette fonction est définie dans la ligne 230 par une FN, où JY représente la ligne comptée à partir de la ligne 0 en haut de l'écran et JX le nombre de colonnes comptées à partir de la colonne 0 à gauche de l'écran.

Une seconde adaptation nécessaire concerne les codes générés par les quelques touches

spécifiques utilisées. La majorité des touches est alphabétique (majuscules), mais les touches ← ↑ ↓ → ESC peuvent être adaptées à la machine en indiquant les bons codes dans les lignes 120 à 160.

Le programme est conçu pour reconnaître cinq aéroports au cours d'un vol donné (cf. tableau 2). Chacun est identifié par sa latitude, sa longitude (en degrés décimaux), la fréquence du VOR correspondant, son altitude (en pieds) et le radial de la piste. Ces valeurs sont stockées dans le tableau VP (4,4), aux lignes 440 à 550. Tous les aéroports imaginables peuvent ainsi être intégrés pour une simulation, du moins cinq à la fois dans la version présentée. Si un nombre plus important est nécessaire, il suffit de dimensionner un tableau VP plus important, par exemple VP (10,10).

Enfin, cette description des adaptations nécessaires ne serait pas complète si nous ne parlions pas de la base de



Ce simulateur de vol, développé par Thomson, se compose d'une cabine de pilotage mobile, ainsi que d'un ensemble d'ordinateurs (32 bits). Leur rôle est d'animer la cabine et d'assurer l'affichage des images digitalisées vues par le pilote (procédé retenu actuellement, remplaçant les caméras se déplaçant sur une maquette, toujours limitée). (Doc. Thomson.)

temps. C'est elle qui, permettant les calculs, donne tout le réalisme à la marche de l'avion.

Deux cas de figure se présentent :

- 1° le micro-ordinateur n'a pas de fonction horloge ;
- 2° le micro-ordinateur possède une horloge temps réel exploitable par programme.

Le programme a été conçu sur une machine du deuxième type, mais il est cependant possible de le faire fonctionner sur une machine du type 1.

Voici quelques indications nécessaires à l'adaptation de la base de temps :

- TD indique l'heure en secondes au temps T,
- TL indique l'heure en secondes au temps T-1 correspondant à une boucle de programme,
- TJ indique le temps écoulé en secondes pendant la boucle de programme. La longueur de celle-ci dépend évidemment des

commandes effectuées pendant cette boucle.

• L'heure est chargée à 8 heures pour le décollage. Dans le cas 1 (absence de base de temps), il faudra mesurer aussi précisément que possible le temps qui sépare deux affichages de la valeur des instruments et forcer cette valeur, en secondes, dans TJ (ligne 2890). Dans ce cas, la valeur du jeu sera moindre, car le temps nécessaire à l'exécution des commandes ne sera pas pris en compte.

Dans le cas 2, il est nécessaire de modifier les adresses de l'horloge, sachant que la valeur initiale de 8 heures est chargée par POKE et que l'exploitation est faite aux lignes 270 à 320 par des instructions PEEK.

Enfin, le dernier point concerne les méthodes de calcul de la position de l'avion. Les formules de calcul employées

### IFR FLIGHT SIMULATOR

#### SELECT PROGRAM FONCTION

- 1...NORMAL CRUISE OPERATIONS
- 2...TAKEOFF TRAINING
- 3...CRUISE TRAINING
- 4...LANDING TRAINING
- ESC...END

L'affichage du menu au début du jeu.

sont celles de la géométrie plane. Elles donnent une bonne approximation, compte tenu des distances. Il est cependant possible d'utiliser les formules de géométrie sphérique et, pour-

quoi pas, celles de la géométrie elliptique, la terre n'étant pas une sphère (lignes 3740 à 4180 « situation module »).

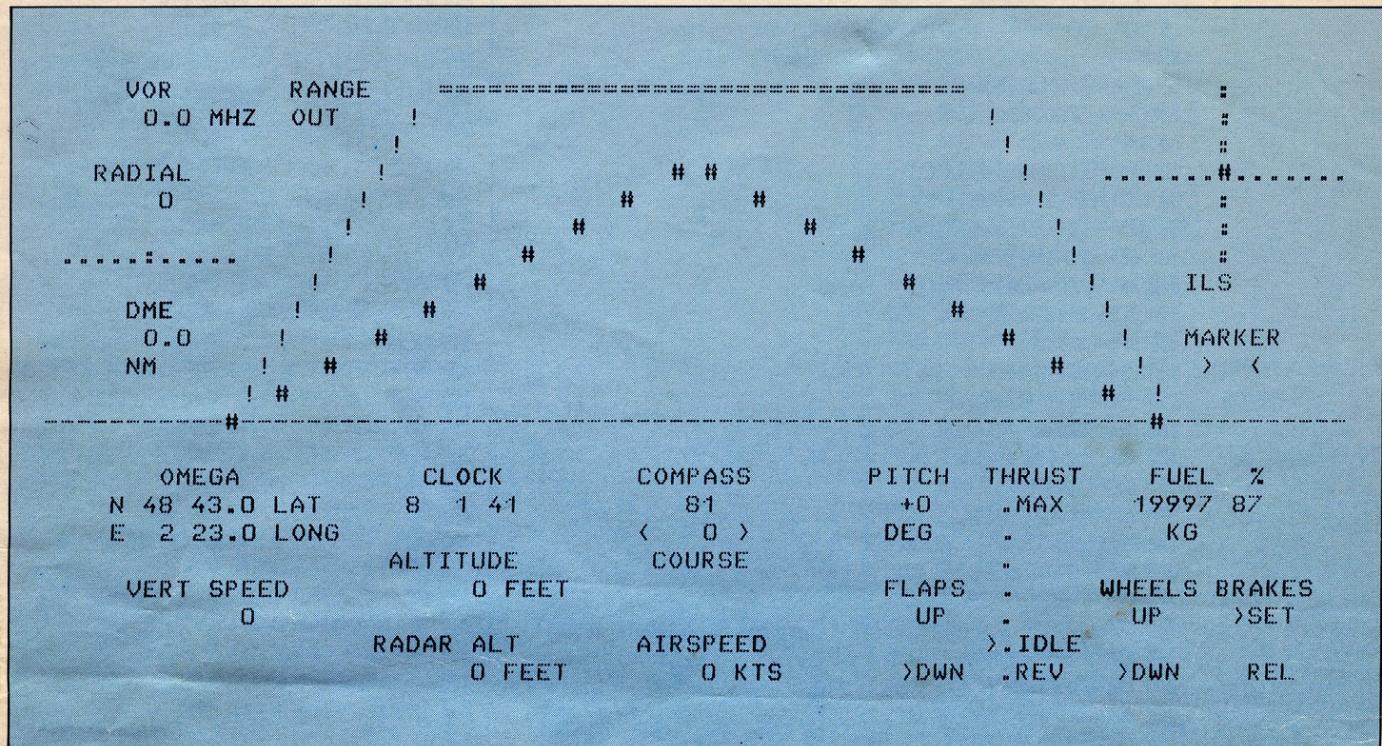
Nous terminons ici cette présentation d'un simulateur. Mal-

gré sa relative simplicité, les caractères principaux des matériels professionnels sont abordés. Les programmeurs expérimentés pourront le compléter ou l'élaborer, et les autres y

trouveront une distraction, voire le début d'une passion.

A tous, nous souhaitons bon vol... ■

**H. VIALARD GOUDOU  
G. PECONTAL**



## POUR ADAPTER SIMUL-X

Bien que Simul-X soit écrit dans un Basic « standard », son exécution sur un système spécifique implique une connaissance minimale du jeu d'instructions de celui-ci. Nous vous recommandons d'examiner attentivement le listing du programme proposé aux pages suivantes afin de vérifier que chacune des instructions le constituant est réellement compatible avec votre micro-ordinateur.

Ainsi, deux instructions, **DEF FN PS** et **PRINT USING**, et une horloge interne sont souvent absentes sur les systèmes « bas de gamme ». Que ceci ne vous rebute pas, voici les moyens de pallier ces inconvénients.

### DEF FN PS

Sur certains micro-ordinateurs, la définition de fonctions peut également s'appliquer aux variables alphanumériques. Dans ce cas, une fonction alphanumérique est utilisée pour la mise en page du texte sur l'écran.

Il est possible de la simuler avec les instructions classiques de tabulation suivantes : HTAB, VTAB, PRINT @

### PRINT USING

Cette instruction assure le formattage des données destinées à être visualisées à l'écran. Elle offre la possibilité de ne

faire apparaître qu'une partie d'une chaîne de caractères ou d'y insérer un symbole quelconque.

Considérons par exemple la ligne 1830 du programme : l'instruction **PRINT USING « + # # »**; FA permet l'affichage d'un maximum de deux caractères de la valeur de la variable FA précédée du signe +. Vous pourrez la remplacer en utilisant les fonctions classiques de traitement de chaînes de caractères : STR\$, VAL, MID\$, LEFT\$, RIGHT\$, etc.

La ligne 1830 peut alors s'écrire : **PRINT « + » ; MID\$(STR\$(FA),1,2)**.

En partant du même principe, la ligne 1780 devient : **PRINT MID\$ (STR\$ (AR), 1, 2) ; « ; » ; MID\$ (STR\$ (AR);3;3)**.

### L'HORLOGE

Lorsqu'un micro-ordinateur ne possède pas d'horloge, on pourra la remplacer par le compteur de « TRAME » utilisé par le rafraîchissement d'écran qui décompte en 1/50<sup>e</sup> de seconde. Il suffira alors de l'initialiser à 0 au début du jeu et de convertir la valeur des octets de TRAME en une durée réelle. Pour les puristes, la valeur exacte représente :

$$\frac{624}{625} \times \frac{1}{50} \text{ de seconde}$$

# SIMUL-X :

## LE PROGRAMME

```

10 REM -----PROGRAM
20 REM -----IFR FLIGHT SIMULATOR
30 REM -----AUTHOR HENRI VIALARD-GOUDEAU
40 REM SYSTEM SEGMENT
50 REM SEARCH FOR CLOCK
60 DEF SEG=&H50
70 UAZ=PEEK(1)*256+PEEK(0)
80 UBZ=PEEK(3)*256+PEEK(2)
90 JBZ=PEEK(9)*256+PEEK(8)
100 DEF SEG=UAZ
110 REM KEYBOARD KEYS DEF.
120 HF$=CHR$(4):REM =
130 HH$=CHR$(5):REM FB
140 HI$=CHR$(8):REM <=
150 HJ$=CHR$(24):REM FH
160 HE$=CHR$(27):REM ESC
170 REM CLOCK SET UP
180 U1Z=7:U2Z=59:U3Z=53
190 POKE(JBZ+3),U1Z
200 POKE(JBZ+2),U2Z
210 POKE(JBZ+1),U3Z
220 REM CURSOR POSIT DEF.
230 DEF FNP$(JY,JX)=CHR$(27)+CHR$(102)+CHR$(JX+32)+CHR$(JY+32)
240 REM RANDOM NUMB. GENER.
250 RANDOMIZE(U0)
260 GOTO 360
270 REM -----GET TIME
280 U1Z=PEEK(JBZ+3)
290 U2Z=PEEK(JBZ+2)
300 U3Z=PEEK(JBZ+1)
310 TD=(3600*U1Z)+(60*U2Z)+U3Z
320 RETURN
330 REM CLEAR SCREEN
340 PRINT CHR$(12)
350 RETURN
360 REM-----SET UP WIND TABLE
370 DIM WA(10,1)
380 RS=-1:IF RND(1)<.5 THEN RS=-1
390 FOR I=0 TO 10:WA(I,0)=RND(1)/4:NEXT
400 FOR I=4 TO 6:WA(I,0)=WA(I,0)*RS:NEXT
410 FOR I=0 TO 10:WA(I,1)=FIX(10*RND(1)):NEXT
420 FOR I=4 TO 6:WA(I,1)=WA(I,1)*RS:NEXT
430 WA(0,0)=0:WA(0,1)=0
440 REM-----STATION COORDINATES TABLE
450 DIM VP(4,4)
460 REM PARIS ORLY "OL"
470 VP(0,0)=48.7166:VP(0,1)=2.3833:VP(0,2)=111.2:
    VP(0,3)=285:VP(0,4)=81
480 REM LYON SATO "LYO"
490 VP(1,0)=45.75:VP(1,1)=4.95:VP(1,2)=116.3:VP(1,3)=636:
    VP(1,4)=168
500 REM MARSEILLE "MBO"
510 VP(2,0)=43.45:VP(2,1)=5.2:VP(2,2)=117.1:VP(2,3)=66:VP(2,4)=138
520 REM MILAN "SRN"
530 VP(3,0)=45.63301:VP(3,1)=8.7:VP(3,2)=113.7:VP(3,3)=691:
    VP(3,4)=352
540 REM BRUXELLES "BUB"
550 VP(4,0)=50.9:VP(4,1)=4.4833:VP(4,2)=114.6:VP(4,3)=164:
    VP(4,4)=76

```

VOL  
ATER

```

560 REM-----INIT FLIGHT
570 KR=57.296
580 FU=20000!:FP=87:CC=81:AS=0:RC=0:AL=0
590 TR=20:FA=0:AR=0:WH=21:BR=19:FL=21
600 LD=48:LM=43:GD=2:GM=23
610 ZD=0:Z1$="OUT ":Z2=0:Z3=0:Z4=0:ZA=0
620 VO=0:XX=0:YY=0
630 CV=0:CZ=0:IX=40
640 GOSUB 330
650 PRINT FNP$(4,37);SIMUL-X
660 PRINT FNP$(5,30);"IFR FLIGHT SIMULATOR"
670 PRINT FNP$(8,30);"SELECT PROGRAM FONCTION"
680 PRINT FNP$(10,27);"1...NORMAL CRUISE OPERATIONS"
690 PRINT FNP$(11,27);"2...TAKEOFF TRAINING"
700 PRINT FNP$(12,27);"3...CRUISE TRAINING"
710 PRINT FNP$(13,27);"4...LANDING TRAINING"
720 PRINT FNP$(14,27);"ESC...END"
730 PRINT FNP$(17,32);"YOUR CHOICE :"
740 PRINT FNP$(17,45);"
750 KA$=INKEY$
760 IF LEN(KA$)=0 GOTO 750
770 IF KA$=HE$ GOTO 4980
780 PRINT FNP$(17,45);KA$
790 IF KA$="1" GOTO 850
800 IF KA$="2" GOTO 850
810 AL=1800:AS=250:TR=19:WH=19:BR=21:FL=19:VO=250
820 LD=50:LM=0:GD=4:GM=0:ZO=114.6:CC=19:Z3=19
830 IF KA$="4" THEN LM=47:GM=18:XX=1:CC=45:Z3=45
840 IF KA$="3" OR KA$="4" GOTO 850 ELSE GOTO 560
850 REM-----PANEL
860 GOSUB 330
870 PRINT FNP$(0,5);"VOR"
880 PRINT FNP$(0,15);"RANGE"
890 PRINT FNP$(1,10);"MHz"
900 PRINT FNP$(3,3);"RADIAL"
910 PRINT FNP$(6,1);".....:....."
920 PRINT FNP$(7,69);"ILS"
930 PRINT FNP$(8,5);"DME"
940 PRINT FNP$(9,69);"MARKER"
950 PRINT FNP$(10,5);"NM"
960 PRINT FNP$(10,70);"> <"
970 PRINT FNP$(14,7);"OMEGA"
980 PRINT FNP$(14,23);"CLOCK"
990 PRINT FNP$(14,36);"COMPASS"
1000 PRINT FNP$(14,50);"PITCH"
1010 PRINT FNP$(14,57);"THRUST"
1020 PRINT FNP$(14,67);"FUEL "
1030 PRINT FNP$(15,4);"N"
1040 PRINT FNP$(15,14);"LAT"
1050 PRINT FNP$(15,59);"MAX"
1060 PRINT FNP$(16,4);"E"
1070 PRINT FNP$(16,14);"LONG"
1080 PRINT FNP$(16,36);"( )"
1090 PRINT FNP$(16,51);"DEG"
1100 PRINT FNP$(16,68);"KG"
1110 PRINT FNP$(17,21);"ALTITUDE"
1120 PRINT FNP$(17,37);"COURSE"

```

```

1130 PRINT FNP$(18,5); "VERT SPEED"
1140 PRINT FNP$(18,28); "FEET"
1150 PRINT FNP$(18,51); "FLAPS"
1160 PRINT FNP$(18,64); "WHEELS"
1170 PRINT FNP$(18,71); "BRAKES"
1180 PRINT FNP$(19,53); "UP"
1190 PRINT FNP$(19,66); "UP"
1200 PRINT FNP$(19,73); "SET"
1210 PRINT FNP$(20,20); "RADAR ALT"
1220 PRINT FNP$(20,36); "AIRSPEED"
1230 PRINT FNP$(20,59); "IDLE"
1240 PRINT FNP$(21,28); "FEET"
1250 PRINT FNP$(21,42); "KTS"
1260 PRINT FNP$(21,53); "DWN"
1270 PRINT FNP$(21,59); "REV"
1280 PRINT FNP$(21,66); "DWN"
1290 PRINT FNP$(21,73); "REL"
1300 FOR Y=15 TO 21
1310 PRINT FNP$(Y,58); "."
1320 NEXT
1330 PRINT FNP$(FL,52); ">"
1340 PRINT FNP$(TR,57); ">"
1350 PRINT FNP$(WH,65); ">"
1360 PRINT FNP$(BR,72); ">"
1370 X0=71:Y0=3:X1=71:Y1=3
1380 GOSUB 2560 → SGCH
1390 PRINT FNP$(11,0); STRING$(79,"--")
1400 PRINT FNP$(0,24); STRING$(32,"=")
1410 A=22:B=57
1420 FOR Y=1 TO 11
1430 PRINT FNP$(Y,A); "!" ; FNP$(Y,B); "!"
1440 A=A-1:B=B+1
1450 NEXT
1460 GOSUB 270:TL=TD
1470 IF KA$="3" OR KA$="4" GOTO 3390 → CRUISE
1480 GOTO 2640
1490 REM -----DISPLAY RUNWAY
1500 X0% = 11:X1% = 67
1510 FOR Y0% = 12 TO 3 STEP -1
1520 PRINT FNP$(Y0%,X0%); "#"
1530 PRINT FNP$(Y0%,X1%); "#"
1540 X0% = X0% + 3
1550 X1% = X1% - 3
1560 NEXT
1570 RETURN
1580 REM -----CLEAN RUNWAY
1590 X0% = 38:X1% = 40
1600 FOR Y0% = 3 TO 12
1610 PRINT FNP$(Y0%,X0%); " "
1620 PRINT FNP$(Y0%,X1%); " "
1630 X0% = X0% - 3
1640 X1% = X1% + 3
1650 NEXT
1660 RETURN
1670 REM -----DISPLAY INSTRUMENT VALUES
1680 PRINT FNP$(15,65); USING "#####"; FU
1690 PRINT FNP$(15,72); USING "##"; FP
1700 PRINT FNP$(15,38); USING "###"; CC
1710 PRINT FNP$(16,38); USING "###"; CV
1720 PRINT FNP$(21,38); USING "###"; AS
1730 PRINT FNP$(15,21); USING "##"; U1%
1740 PRINT FNP$(15,24); USING "##"; U2%
1750 PRINT FNP$(15,27); USING "##"; U3%
1760 PRINT FNP$(19,8); USING "#####"; RC
1770 PRINT FNP$(18,21); USING "##,##"; AL

```

AVIO

DIRU

CRUN

DIVA

DIVA

KEIN

```

1780 PRINT FNP$(21,21); USING "##,##"; AR
1790 PRINT FNP$(15,6); USING "##"; LD
1800 PRINT FNP$(15,9); USING "##.##"; LM
1810 PRINT FNP$(16,6); USING "##"; GD
1820 PRINT FNP$(16,9); USING "##.##"; GM
1830 PRINT FNP$(15,51); USING "##"; FA
1840 PRINT FNP$(1,4); USING "####.##"; ZD
1850 PRINT FNP$(1,15); Z1#
1860 PRINT FNP$(4,5); USING "####"; Z3
1870 PRINT FNP$(9,4); USING "##.##"; Z4
1880 PRINT FNP$(7,1); SPACE$(13)
1890 IF Z1$="OUT" GOTO 1910
1900 PRINT FNP$(7,Z2); "##"
1910 RETURN
1920 REM -----KEY INPUT
1930 K$=INKEY$
1940 IF LEN(K$)=0 THEN RETURN
1950 IF K$=HE$ GOTO 560
1960 IF K$="F" GOTO 2100
1970 IF K$="D" OR K$="I" GOTO 2100
1980 IF K$=HF$ OR K$=HI$ GOTO 2190
1990 IF K$=HH$ OR K$=HJ$ GOTO 2300
2000 IF K$="W" GOTO 2330
2010 IF K$="V" GOTO 2380
2020 IF K$="L" GOTO 2440
2030 IF K$="A" GOTO 2490
2040 IF K$="R" GOTO 2100
2050 IF K$="M" GOTO 2500
2060 IF K$="--" GOTO 2300
2070 IF K$="B" GOTO 2510
2080 IF K$="C" GOTO 2210
2090 RETURN
2100 IF K$="R" THEN TR=21:GOTO 2160
2110 IF K$="F" THEN TR=15:GOTO 2160
2120 IF K$="I" THEN TR=TR-1
2130 IF K$="D" THEN TR=TR+1
2140 IF TR<15 THEN TR=15:GOTO 2160
2150 IF TR>20 THEN TR=20:GOTO 2160
2160 FOR I=15 TO 21:PRINT FNP$(I,57); " :NEXT
2170 PRINT FNP$(TR,57); ">"
2180 RETURN
2190 IF K$=HF$ THEN CC=CC+1 ELSE CC=CC-1
2200 GOTO 2270
2210 PRINT FNP$(20,0)
2220 INPUT "COURSE"; CV
2230 PRINT FNP$(21,0); SPACE$(16)
2240 CZ=1
2250 IF CV>360 THEN CV=CV-360
2260 IF CV<0 THEN CV=360+CV
2270 IF CC>360 THEN CC=CC-360
2280 IF CC<0 THEN CC=360+CC
2290 RETURN
2300 IF K$="O" OR K$="--" THEN FA=0:RETURN
2310 IF K$=HH$ THEN FA=FA+1 ELSE FA=FA-1
2320 RETURN
2330 IF WH=19 THEN WH=21:GOTO 2350
2340 IF WH=21 THEN WH=19:GOTO 2350
2350 FOR I=19 TO 21:PRINT FNP$(I,65); " :NEXT
2360 PRINT FNP$(WH,65); ">"
2370 RETURN
2380 PRINT FNP$(20,0)
2390 INPUT "VOR FREQ"; Z0
2400 INPUT "VOR RADIAL"; Z3
2410 PRINT FNP$(21,0); SPACE$(16)
2420 PRINT FNP$(22,0); SPACE$(16)

```

2430 RETURN  
 2440 IF FL=19 THEN FL=21:GOTO 2460  
 2450 IF FL=21 THEN FL=19:GOTO 2460  
 2460 FOR I=19 TO 21:PRINT FNP\$(I,52);":NEXT  
 2470 PRINT FNP\$(FL,52);"  
 2480 RETURN  
 2490 ZA=1:RETURN  
 2500 MA=1:RETURN  
 2510 IF BR=19 THEN BR=21:GOTO 2530  
 2520 IF BR=21 THEN BR=19:GOTO 2530  
 2530 FOR I=19 TO 21:PRINT FNP\$(I,72);":NEXT  
 2540 PRINT FNP\$(BR,72);"  
 2550 RETURN  
 2560 REM-----SET GLIDESLOPE CROSSHAIRS  
 2570 FOR Y=0 TO 6:PRINT FNP\$(Y,X0);":NEXT  
 2580 PRINT FNP\$(Y0,64);SPACE\$(15)  
 2590 FOR Y=0 TO 6:PRINT FNP\$(Y,X1);":":NEXT  
 2600 PRINT FNP\$(Y1,64);STRING\$(15,"")  
 2610 PRINT FNP\$(3,71);"  
 2620 PRINT FNP\$(Y1,X1);"  
 2630 RETURN  
 2640 REM-----TAKEOFF MODULE  
 2650 PRINT FNP\$(8,20);"YOU ARE CLEARED FOR TAKEOFF AT 08.00 HOURS"  
 2660 FOR I=1 TO 2000: NEXT  
 2670 PRINT FNP\$(8,20);SPACE\$(42)  
 2680 GOSUB 1490 DIRU  
 2690 GOSUB 270:TL=TD  
 2700 GOSUB 1670:REM ENTER DIVA  
 2710 IF BR=21 GOTO 2750  
 2720 IF TR=21 AND AS=0 GOTO 4610  
 2730 GOSUB 2910 UFAR  
 2740 GOTO 2700  
 2750 IF AL>0 THEN PRINT FNP\$(10,18);SPACE\$(44):GOTO 2850  
 2760 IF WH=19 GOTO 4660  
 2770 IF AS>0 AND BR=19 GOTO 4690  
 2780 IF YY>6500 AND TR=15 GOTO 4720  
 2790 IF YY>10500 OR ABS(XX)>100 GOTO 4750  
 2800 IF AS<150 AND FA>0 GOTO 4720  
 2810 GOSUB 2910 UFAR  
 2820 IF AS<150 AND FA>0 THEN FA=5  
 2830 GOSUB 3220 MORU  
 2840 GOTO 2700  
 2850 IF AL<1500 AND TR>15 THEN GOTO 4800  
 2860 IF AL>400 AND WH=21 THEN GOTO 4800  
 2870 IF WH=19 AND FL=19 GOTO 3390 → CRUISE  
 2880 GOSUB 2910 UFAR  
 2890 GOSUB 3740 SIRU  
 2900 GOTO 2700  
 2910 REM-----UPDATE FU-AS-RC  
 2920 GOSUB 1920 KEIN  
 2930 GOSUB 270:TJ=TD-TL:TL=TD  
 2940 IF AS>240 AND FL=21 GOTO 4800  
 2950 IF AS<200 AND FL=19 GOTO 4800  
 2960 IF (AL-A2)>50 AND AS<150 GOTO 4800  
 2970 IF WH=19 AND BR=19 GOTO 4940  
 2980 IF AS<950 GOTO 4800  
 2990 IF AL>2100 AND TR<16 GOTO 4800  
 3000 IF FU=0 GOTO 4920  
 3010 IF TR=15 THEN FU=FU-(7\*TJ):AA=6  
 3020 IF TR=16 THEN FU=FU-(5\*TJ):AA=4  
 3030 IF TR=17 THEN FU=FU-(4\*TJ):AA=2  
 3040 IF TR=18 THEN FU=FU-(3\*TJ):AA=1  
 3050 IF TR=19 THEN FU=FU-(2\*TJ):AA=0  
 3060 IF TR=20 THEN FU=FU-(1\*TJ):AA=-3  
 3070 IF TR=21 THEN FU=FU-(7\*TJ):AA=-5

Suite du programme.

3080 IF TR=21 AND BR=19 THEN FU=FU-(7\*TJ):AA=-7  
 3090 IF FU<0 THEN FU=0  
 3100 FP=FU/230  
 3110 FR=FA/KR  
 3120 AS=VO+((AA\*TJ\*TJ)/2) ?  
 3130 IF FA<0 GOTO 3150 ?  
 3140 AS=AS\*COS(FR) ?  
 3150 IF AS<0 THEN AS=0  
 3160 VO=AS  
 3170 RC=AS\*SIN(FR)\*95  
 3180 IF AL=0 AND FA=0 THEN RC=0  
 3190 AL=AL+(TJ\*RC/60)  
 3200 IF AL<0 THEN AL=0  
 3210 RETURN  
 3220 REM-----MOTION ON RUNWAY  
 3230 IF TD<(TX+10) GOTO 3270  
 3240 TX=TD  
 3250 WB=RS\*RND(1)  
 3260 CC=CC+WB  
 3270 DA=(CC-81)/KR  
 3280 DY=AS\*COS(DA)\*TJ\*1.58  
 3290 DX=AS\*SIN(DA)\*TJ\*1.58  
 3300 YY=YY+DY  
 3310 XX=XX+DX  
 3320 IX=40+FIX(XX\*22/100)  
 3330 IF IX>62 THEN IX=62  
 3340 IF IX<18 THEN IX=18  
 3350 PRINT FNP\$(10,IA);"  
 3360 PRINT FNP\$(10,IX);"  
 3370 IA=IX  
 3380 RETURN  
 3390 REM-----CRUISE MODULE  
 3400 GOSUB 1580 CRUN  
 3410 GOSUB 1670:REM ENTER DIVA  
 3420 GOSUB 2910 UFAR  
 3430 IF CZ=0 GOTO 3540  
 3440 CC=INT(CC)  
 3450 IF CC>CV THEN CZ=0:GOTO 3540  
 3460 IF CV>CC THEN RT=1:CD=CV-CC  
 3470 IF CV>CC THEN RT=-1:CD=CC-CV  
 3480 IF CV>CC+180 THEN RT=-1:CD=360-CV+CC  
 3490 IF CV>CC-180 THEN RT=1:CD=360-CC+CV  
 3500 IF CD>20 THEN RT=RT\*20:GOTO 3530  
 3510 IF CD>10 THEN RT=RT\*10:GOTO 3530  
 3520 IF CD>5 THEN RT=RT\*5:GOTO 3530  
 3530 CC=CC+RT  
 3540 WI=FIX(AL/4000)  
 3550 IF WI>10 THEN WI=10  
 3560 AS=AS+WA(WI,1) ?  
 3570 CC=CC+WA(WI,0)  
 3580 IF CC>360 THEN CC=CC-360  
 3590 IF CC<0 THEN CC=360+CC  
 3600 GOSUB 3740 SIRU  
 3610 WI=0  
 3620 IF ZD=0 GOTO 3410  
 3630 IF L1(L2+.025 AND L1)L2-.025 THEN WI=WI+1  
 3640 IF G1(G2+.025 AND G1)G2-.025 THEN WI=WI+1  
 3650 IF AL>1900 AND AL<1700 THEN WI=WI+1  
 3660 IF AL>1900 THEN MA=0  
 3670 PRINT FNP\$(10,71);"  
 3680 IF WI>3 GOTO 3410  
 3690 IF MA=1 GOTO 3410  
 3700 IF A2=0 GOTO 3410  
 3710 PRINT FNP\$(10,71);"  
 3720 IF CC=C2 AND Z1="FROM" GOTO 4190 → LAND

Mars 1984

3730 GOTO 3410  
 3740 REM -----SITUATION ROUTINE  
 3750 VV=AS\*(1+(AL/40000!))  
 3760 DL=TJ\*VV/3600\*COS(CC/KR)/60  
 3770 DG=TJ\*VV/3600\*SIN(CC/KR)/COS(((LM/60)+LD)/KR)/60  
 3780 L1=LD+(LM/60)  
 3790 G1=DG+(GM/60)  
 3800 L1=L1+DL  
 3810 G1=G1+DG  
 3820 LD=FIX(L1)  
 3830 LM=(L1-FIX(L1))\*60  
 3840 GD=FIX(G1)  
 3850 GM=(G1-FIX(G1))\*60  
 3860 IF ZD<0 GOTO 3880  
 3870 Z1\$="OUT " :Z4=0:GOTO 4180  
 3880 FOR I=0 TO 4  
 3890 IF ZD=VP(I,2) GOTO 3920  
 3900 NEXT  
 3910 GOTO 3870  
 3920 L2=VP(I,0)  
 3930 G2=VP(I,1)  
 3940 C2=VP(I,4)  
 3950 A2=VP(I,3)  
 3960 DL=(L2-L1)\*60  
 3970 DG=(G2-G1)\*COS(((L1+L2)/2)/KR)\*60  
 3980 D=SQR((DL\*DL)+(DG\*DG))  
 3990 IF D>300 GOTO 3870  
 4000 IF Z4=0 GOTO 4030  
 4010 IF D>Z4 THEN Z1\$=" TO "  
 4020 IF D>Z4 THEN Z1\$="FROM"  
 4030 Z4=0  
 4040 IF G2=G1 AND L2>L1 THEN Z5=180:GOTO 4120  
 4050 IF G2=G1 AND L2>L1 THEN Z5=0:GOTO 4120  
 4060 Z5=ATN((L2-L1)/((G2-G1)\*COS(((L1+L2)/2)/KR)))\*KR  
 4070 Z5=ABS(INT(Z5))  
 4080 IF L2>L1 AND G1>G2 THEN Z5=90-Z5:GOTO 4120  
 4090 IF L2>L1 AND G1>G2 THEN Z5=90+Z5:GOTO 4120  
 4100 IF L2>L1 AND G1>G2 THEN Z5=270-Z5:GOTO 4120  
 4110 IF L2>L1 AND G1>G2 THEN Z5=270+Z5:GOTO 4120  
 4120 IF ZA=1 THEN Z3=Z5:ZA=0:CV=Z3:CZ=1  
 4130 Z6=Z3-Z5  
 4140 DD=D\*SIN(Z6/KR)  
 4150 Z2=6+INT(DD)  
 4160 IF Z2>10 THEN Z2=11  
 4170 IF Z2<2 THEN Z2=1  
 4180 RETURN  
 4190 REM -----LANDING MODULE  
 4200 IL=0:IA=40:IX=40  
 4210 Z3=C2  
 4220 YY=34220!  
 4230 XX=100:IF RND(1)<.5 THEN XX=-100  
 4240 GOSUB 1670:REM ENTER → DIVA  
 4250 GOSUB 2910 → UPAR  
 4260 YY=YY-((AS\*TJ)\*COS((CC-C2)/KR)\*1.58)  
 4270 XX=XX+((AS\*TJ)\*SIN((CC-C2)/KR)\*1.58)  
 4280 EX=YY\*SIN(1/KR)  
 4290 IF EX<100 THEN EX=100  
 4300 X1=71+INT(7/EX\*XX)  
 4310 IF X1>64 THEN X1=64  
 4320 IF X1>79 THEN X1=79  
 4330 AR=AL-A2  
 4340 DR=AR-(YY\*SIN(3/KR))  
 4350 ER=YY\*SIN(1/KR)  
 4360 IF ER>50 THEN ER=50  
 4370 Y1=3-INT(7/ER\*DR)

*Fin du programme.*

Mars 1984

4380 IF Y1<0 THEN Y1=0  
 4390 IF Y1>6 THEN Y1=6  
 4400 GOSUB 2570 → SGCH  
 4410 X0=X1:Y0=Y1  
 4420 IF YY<3500 THEN MA=0  
 4430 IF MA=1 THEN TR=18:FA=5:X1=71:Y1=3:AR=0:GOTO 3450  
 4440 IF YY<4500 AND YY>3500 THEN PRINT FNP\$(10,71);":GOTO 4460  
 4450 PRINT FNP\$(10,71);"  
 4460 IF AR<60 AND FA=0 THEN AR=0  
 4470 IF YY<4000 AND IL=0 THEN GOSUB 1490:IL=1  
 4480 IF AR>0 GOTO 4600  
 4490 IF AR<0 GOTO 4880  
 4500 IF YY<-9500 GOTO 4750  
 4510 IF ABS(XX)>100 GOTO 4750  
 4520 IX=40+FIX(XX\*22/100)  
 4530 IF IX>62 THEN IX=62  
 4540 IF IX<18 THEN IX=18  
 4550 PRINT FNP\$(10,IA);"  
 4560 PRINT FNP\$(10,IX);"  
 4570 IA=IX  
 4580 IF WH=19 GOTO 4660  
 4590 IF YY>1000 GOTO 4900  
 4600 IF AS>0 GOTO 4240  
 4610 GOSUB 1670 → DIVA  
 4620 PRINT FNP\$(7,35);"CONGRATULATIONS"  
 4630 PRINT FNP\$(8,30);"FOR A SUCCESSFULL FLIGHT"  
 4640 GOTO 4960  
 4650 REM -----FLIGHT ABORT  
 4660 PRINT FNP\$(8,25);"IT IS BETTER FOR THE AIRCRAFT"  
 4670 PRINT FNP\$(9,25);"TO STAND ON ITS LANDING GEAR"  
 4680 GOTO 4960  
 4690 PRINT FNP\$(8,25);"YOU MUST RELEASE THE BRAKES"  
 4700 PRINT FNP\$(9,23);"BEFORE SETTING THE THRUST TO MAX"  
 4710 GOTO 4960  
 4720 PRINT FNP\$(8,25);"YOU ROLLED OFF THE DECISION POINT"  
 4730 PRINT FNP\$(9,30);"FOR TAKEOFF WITHOUT ACTION"  
 4740 GOTO 4960  
 4750 PRINT FNP\$(8,28);"YOU RAN OUT OF THE RUNWAY"  
 4760 IF ABS(XX)>100 THEN PRINT FNP\$(9,20);XX;  
 "FEET FROM THE CENTERLINE"  
 4770 IF YY>10500 THEN PRINT FNP\$(9,20);(YY-10500);  
 "FEET PAST END OF RUNWAY"  
 4780 IF YY<-9500 THEN PRINT FNP\$(9,20);ABS(YY-9500);  
 "FEET PAST END OF RUNWAY"  
 4790 GOTO 4960  
 4800 PRINT FNP\$(4,25);"YOU FAILED IN CRUCIAL MANEUVERS"  
 4810 PRINT FNP\$(5,25);"1-LANDING GEAR RAISED BELOW 400 FT"  
 4820 PRINT FNP\$(6,25);"2-FLAPS TO BE RETRACTED BELOW 240KTS"  
 4830 PRINT FNP\$(7,25);"3-FLAPS TO BE SETTED BELOW 200KTS"  
 4840 PRINT FNP\$(8,25);"4-THRUST REDUCE ABOVE 1500 FTS"  
 4850 PRINT FNP\$(9,25);"5-THRUST REDUCE BELOW 2000 FTS"  
 4860 PRINT FNP\$(10,25);"6-SPEED MUST NOT EXCEED 950 KNOTS"  
 4870 GOTO 4960  
 4880 PRINT FNP\$(8,20);"YOU FLEW INTO THE GROUND CONGRATULATIONS"  
 4890 GOTO 4960  
 4900 PRINT FNP\$(8,22);"YOU TOUCH GROUND BEFORE THE RUNWAY"  
 4910 GOTO 4960  
 4920 PRINT FNP\$(8,21);"YOU ARE OUT OF FUEL CONGRATULATIONS"  
 4930 GOTO 4960  
 4940 PRINT FNP\$(8,19);"YOU TRY TO SET THE BRAKES WHEN GEARS ARE UP"  
 4950 GOTO 4960  
 4960 PRINT FNP\$(20,0);"TYPE CR"  
 4970 INPUT KA\$  
 4980 GOSUB 330  
 4990 END