

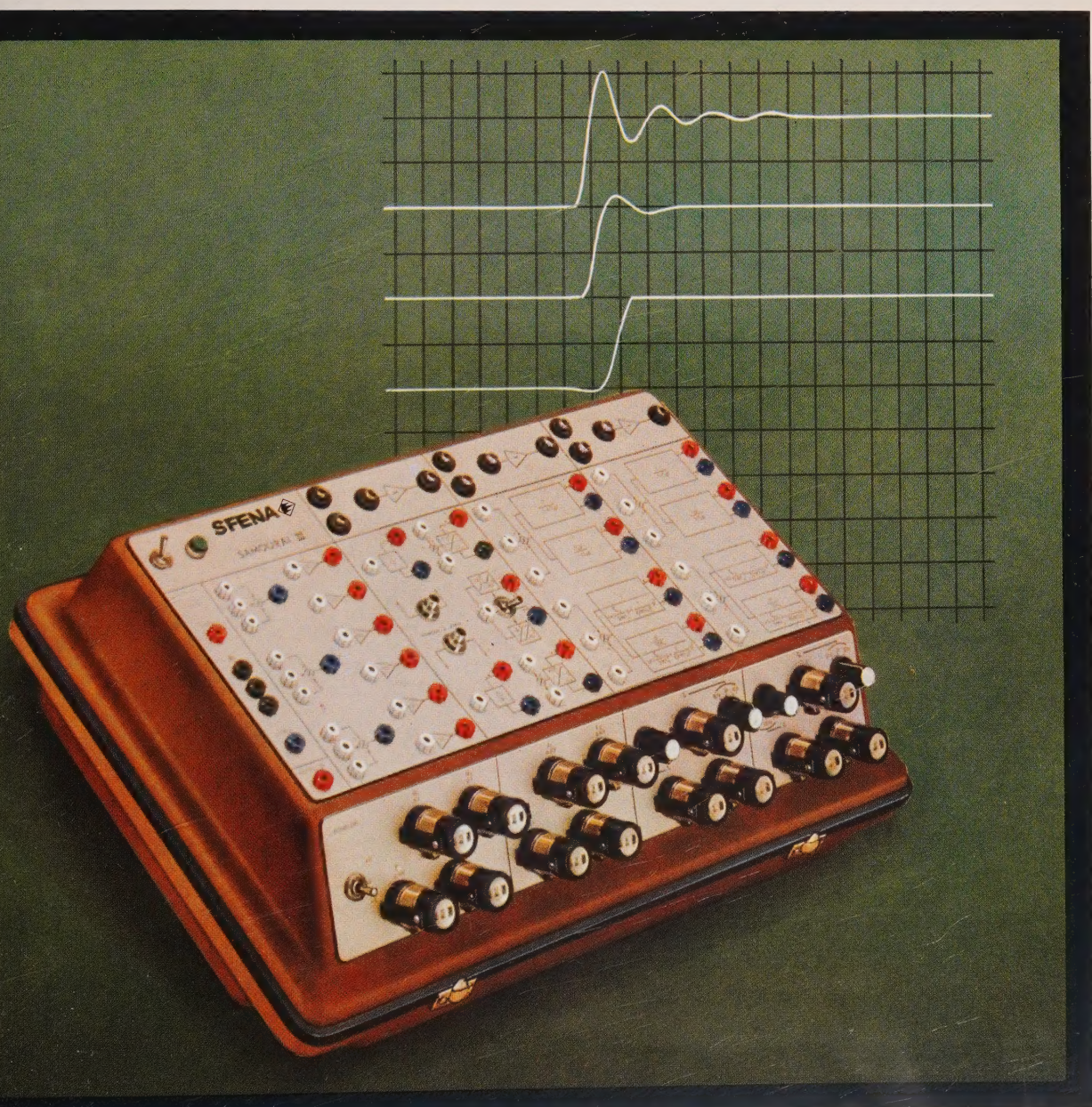
# onde électrique

U. of ILL. LIBRARY

JUL 2 1971

CHICAGO CIRCLE

revue mensuelle  
de la  
Société française  
des électroniciens  
et des radioélectriciens



# générateurs UHF / SHF

## type LG - 800 MHz à 11 GHz

### à haute stabilité...

MESURES SUR LES RECEPTEURS,  
ANTENNES, LIGNES DE TRANSMISSION,...

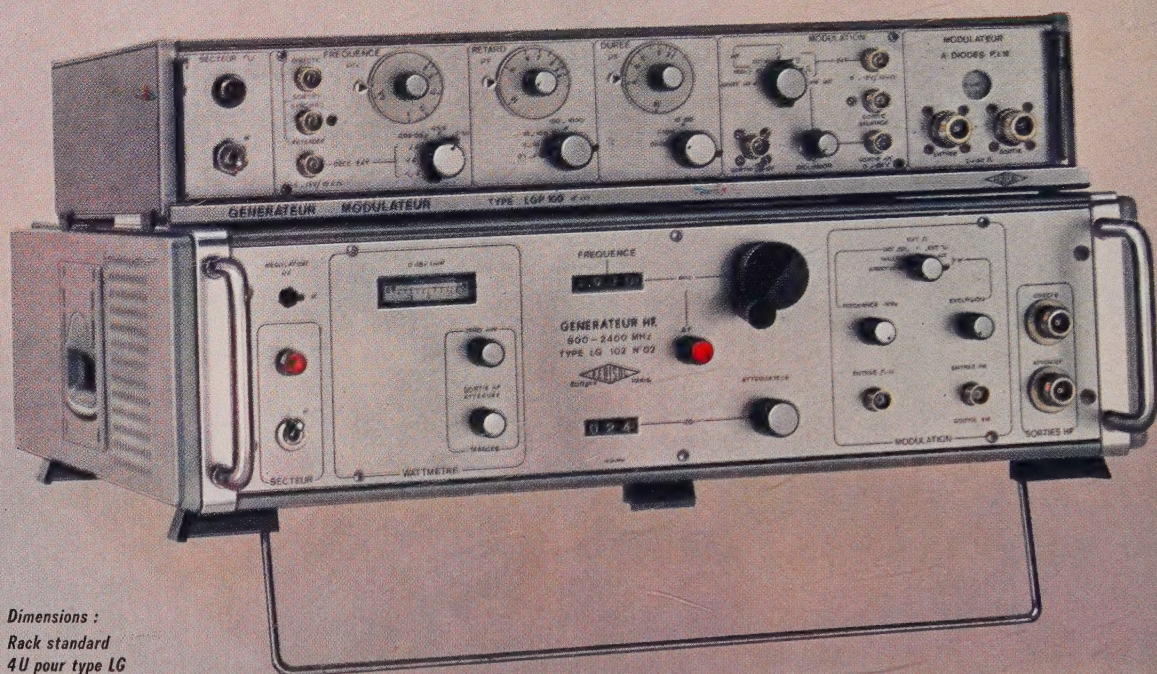
■ sensibilité ■ rapport signal / bruit ■ atténuation ■  
gain en puissance ■ rapport d'ondes stationnaires etc.

LG 102 - 0,8 à 2,4 GHz

LG 202 - 1,7 à 4,4 GHz

LG 302 - 4,3 à 7,5 GHz

LG 402 - 7 à 11 GHz



Dimensions :  
Rack standard  
4U pour type LG  
3U pour type LGP 100

- AFFICHAGE NUMÉRIQUE de la FRÉQUENCE et de L'ATTÉNUATION
- MODULATIONS EN AMPLITUDE ET EN FRÉQUENCE
- ENTRÉE POUR SYNCHRONISATION EXTÉRIEURE
- NIVEAU DE SORTIE RÉGLÉ JUSQU'À 4,4 GHz
- 2 SORTIES HF DONT 1 ÉTALONNÉE EN dB ET mW
- TARAGE HF EN "RÉGULÉ" ET EN "NON RÉGULÉ"
- EXTENSION DES POSSIBILITÉS DE MODULATION AVEC LE...

### GENERATEUR-MODULATEUR type LGP 100

AM : signaux carrés et impulsions (100 ns à 600 µs) 50 Hz à 50 kHz.  
Impulsion "synchro" - FM : signaux triangulaires 50 Hz à 5 kHz. Modulateur à diodes PIN incorporé (sur option) permettant de moduler le signal HF sans glissement de fréquence (pulling).

du continu...

ETS GEFROY & C<sup>IE</sup>  
S.A. Capital 10230000 F



18, av. P.-V.-COUTURIER - 78 - TRAPPES  
Tél. 462.88.88 - Telex 25705 Câble : Feritrappes

... aux hyperfréquences

# L'onde électrique

revue mensuelle  
de la Société française des électroniciens  
et des radioélectriciens

volume 51 - fasc. 5 - mai 1971 - prix 10 F

## sommaire

|                                                                                                          |         |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| Article de synthèse : CARPENTIER H. " Detegere " ou La détection                                         | 349-354 |
| PALAYRET B. Atterrissage tous temps : Equipements au sol. Présentation et synthèse                       | 355-356 |
| MEGARD A. Les problèmes spécifiques militaires de l'atterrissage tous temps                              | 356-358 |
| DAUTREMONT P. Equipements ILS de la catégorie de performance III                                         | 359-365 |
| RONCIN M. Le Sydac : système en bande C compatible avec l'ILS                                            | 366-371 |
| VEDRUNES J. Essais en vol de nouveaux systèmes                                                           | 372-375 |
| GUIBAUD A. Atterrissage tous temps. Equipements de bord. Présentation et synthèse                        | 376     |
| DURAND B., LANILIS Cl. Ensemble de réception ILS pour l'opération d'atterrissage de la catégorie III     | 377-380 |
| VA P., SENTEIN M. Le système d'atterrissage tous temps "Sud-Lear" installé sur les Caravelle d'Air Inter | 381-384 |
| PAGNARD J., BODIN J., SALESSY H. Le pilote automatique de l'Airbus                                       | 385-390 |
| DEQUE R. Le système d'atterrissage automatique de Concorde                                               | 391-397 |
| AUTECHAUD D. L'approche automatique des hélicoptères                                                     | 398-401 |
| LORON M. Equipement de bord de détection et d'évitement d'obstacles. Présentation et synthèse            | 402     |
| MIJONNET J. Les problèmes opérationnels                                                                  | 403-405 |
| LANDROT J.-P. Radioaltimètre à modulation de fréquence                                                   | 406-410 |
| COLLOT G. Radar d'évitement d'obstacles pour hélicoptères                                                | 411-417 |
| BOUY G. Les radars météorologiques et leurs applications                                                 | 418-420 |
| Informations                                                                                             | 421-432 |

tion S.F.E.R., 10, avenue Pierre-Larousse, 92-Malakoff - Tél. 253-04-16.  
Président du Comité de Rédaction, M. A. Flambard, Vice-Président de la S.F.E.R.  
Président du Comité de Lecture : P. Conruyt, Ingénieur des Télécommunications au C.N.E.T.  
Rédacteur en Chef, M. J. Dusautoy, Ingénieur E.S.E. - Tél. 225-24-19.

on Editions Chiron S.A., 40, rue de Seine, 75-Paris 6<sup>e</sup> - Tél. 633.18.93.  
Abonnement (1 an, soit 11 numéros), chez l'éditeur : France 82 F - Etranger 100 F - C.C.P. Paris 53-35  
Pour les membres de la S.F.E.R. voir au verso extraits des statuts et montant des cotisations.

ité Exclusivité : M.R.G. Domenach. Tél. 222-41-97 et 98

### sur notre couverture,

#### SFENA — "SAMOURAI — III" SIMULATEUR ANALOGIQUE MINIATURISÉ

- Fonctions de transfert et non-linéarités typiques des boucles d'asservissement.
- Blocs fonctionnels à caractéristiques entrée (s) et sortie (s) réglable (s) à l'aide de potentiomètres de précision incorporés.

(voir article page : 432)

SFENA  
Aérodrome de Villacoublay  
Boîte Postale N° 59  
78-VELIZY-VILLACOUBLAY  
Tél. 644 45-25 +  
Télex : Sfena Veliz 26046 F

# Société française des électroniciens et des radioélectriciens

## Groupes régionaux

### groupe de Bourgogne - Franche-Comté

Président : M. J. BOUCHARD, Professeur et Directeur du Département de Physique de la Faculté des Sciences de Dijon. - Vice-Président : M. J. PEYSSOU, Directeur du Centre R.P.C. de la C.S.F. à Dijon. - Secrétaires : MM. L. GODEFROY, Maître de Conférences à la Faculté des Sciences de Dijon, J.-M. GRANGÉ, Ingénieur à la C.S.F.

### groupe de Bretagne

Président : E. JULIER, Ingénieur en Chef des Télécommunications, Directeur du Centre de Recherches du C.N.E.T. de Lannion. - Vice-Président : M. G. GRAU, Directeur de la C.S.F. à Brest - Secrétaire : M. J. M. PERSON, Ingénieur des Télécommunications au Centre de Recherches du C.N.E.T. de Lannion.

### groupe de l'Est

Président : M. R. GUILLIEN, Directeur de l'École Nationale Supérieure d'Électricité et de Mécanique de Nancy. - Secrétaire : M. E. GUDEFIN, Maître de Conférences à l'E.N.S.E.M.

### groupe de Grenoble

Président : M. A. COUMES, Professeur à la Faculté des Sciences de Grenoble, Directeur d'Études à l'E.N.S. d'Électronique et de Radioélectricité. - Secrétaire : M. S. BLIMAN, Maître de Conférences d'Électronique.

### groupe de Lyon

Président : M. A. SARAZIN, Professeur de Physique Nucléaire à la Faculté des Sciences de Lyon, Directeur de l'Institut de Physique Nucléaire de Lyon.

### groupe de Marseille - Côte d'Azur

Vice-Président (Marseille) : M. J. GIRAUD, Ingénieur des Télécommunications. Vice-Président (Côte d'Azur) : M. DEROUET, Directeur à Thomson-C.S.F.

### groupe du Nord

Président : M. N. SEGARD, Professeur, Directeur de l'I.S.E.N. - Vice-Présidents : M. R. CARPENTIER, Chef des services Techniques Régionaux de l'O.R.T.F. - M. R. GABILLARD, Professeur, Directeur de l'Institut Radiotechnique. - Secrétaire : M. BOUVET, Secrétaire Général de l'I.S.E.N.

### groupe de Toulouse-Midi-Pyrénées

Président : M. J.-L. POURNY, Directeur général de la Société Synelec. - Secrétaire général : M. BIREBENT, Professeur à la Faculté des Sciences de Toulouse.

## Bureau de la Société

### Président

L. J. LIBOIS, Ingénieur Général des Télécommunications, Directeur du C.N.E.T.

### Président désigné pour 1971

E. ROUBINE, Professeur à la Faculté des Sciences de Paris

### Vice-Présidents

A. FLAMBARD, Président du Comité de Rédaction de l'Onde Electrique.

R. CABESSA, Directeur à la C.I.I.

L. GOUSSOT, Ingénieur Général des Télécommunications, à l'O.R.T.F.

### Secrétaire Général

B. GAUSSOT, Chef de Service à l'E.S.E.

### Secrétaires Généraux Adjointes

A. SORBA, Adjoint au Directeur des Etudes de l'E.S.E.

P. CONRUYT, Ingénieur des Télécommunications.

### Trésorier

J. M. MOULON, Ingénieur des Télécommunications.

### Secrétaires

J. GUNTHER, Ingénieur à l'I.R.I.A.

H. ROQUEFORT, Ingénieur au C.E.A. - Saclay.

G. LEFRANÇOIS, Ingénieur des Télécommunications au C.N.E.T.

## Sections d'études

- 1 Problèmes d'enseignement. Formation et perfectionnement des Ingénieurs et Techniciens
- 2 Études générales
- 3 Physique du solide
- 4 Tubes électroniques
- 5 Composants électroniques et microélectronique
- 6 Propagation des ondes et radioastronomie
- 7 Électroacoustique. Enregistrement des sons
- 8 Télécommunications Radiodiffusion Télévision
- 9 Radiodétection et localisation. Radionavigation. Télémessures
- 10 Calculateurs électroniques. Automatismes
- 11 Électronique nucléaire et corpusculaire
- 12 Électronique biologique et médicale

### Présidents

M. KEVORKIAN  
H. DURAND  
R. GAUDRY  
A. SEPTIER  
G. PEYRACHE  
A. BOISCHOT  
P. RIETY  
A. LAURENS  
L. MILOSEVIC  
A. PROFIT  
J. GUIBOURG  
R. DISTEL

### Secrétaires

J.P. REMBLIER  
E. SPITZ  
A.M. SHROFF  
J. COAT  
I. REVAH  
E. de LAMARE  
P. BLANCHEVILLE  
P. SEDES  
R. DUSSINE  
J. LEJAILLE  
J. JACQUEMIN

## extraits des statuts

ARTICLE PREMIER. — La SOCIÉTÉ FRANÇAISE DES ÉLECTRONICIENS ET DES RADIOÉLECTRICIENS a pour but :

1° De contribuer à l'avancement de la radioélectricité et de l'électronique théoriques et pratiques ainsi qu'à celui des sciences et industries qui s'y rattachent.

2° D'établir et d'entretenir entre ses membres des relations suivies et des liens de solidarité.

Elle tient des réunions destinées à l'exposition et à la discussion de questions concernant la radioélectricité et tout ce qui s'y rattache.

ART. 2 — La Société se compose de membres titulaires, dont certains en qualité de membres bienfaiteurs ou de membres donateurs, et de membres d'honneur.

Pour devenir membre titulaire de la Société, il faut :

1° Adresser au Président une demande écrite appuyée par deux membres, non étudiants, de la Société\*. ■ 2° Être agréé par le Bureau de la Société.

Tout membre titulaire qui, pour favoriser les études et publications scientifiques ou techniques entreprises par la Société, aura pris l'engagement de verser, pendant cinq années consécutives, une cotisation égale à dix fois la cotisation annuelle, recevra le titre de membre bienfaiteur.

Ceux qui, parmi les membres titulaires, verseront une cotisation égale à cinq fois la cotisation annuelle, seront inscrits en qualité de donateurs.

Tous les membres de la Société, sauf les membres d'honneur, paient une cotisation dont le montant est fixé par une décision de l'Assemblée Générale.

Les membres âgés de moins de 25 ans, en cours d'études, pourront, sur leur demande, bénéficier d'une réduction de 50 % sur leur cotisation. Cette réduction ne leur sera accordée que pendant cinq années au plus.

Les membres titulaires reçoivent une publication périodique ayant un caractère technique\*\*. Cette publication leur est adressée gratuitement. Toutefois, les membres résidant à l'étranger devront verser, en sus de leur cotisation annuelle, une somme destinée à couvrir les frais supplémentaires.

montant des cotisations à adresser à la S.F.E.R., CCP Paris 69738

Particuliers résidant en France : 40 F ■ Particuliers en cours d'études, résidant en France et âgés de moins de 25 ans : 20 F ■ Particuliers résidant à l'étranger : 40 F + 5 F pour frais postaux = 45 F ■ Particuliers en cours d'études, résidant à l'étranger et âgés de moins de 25 ans : 20 F + 5 F pour frais postaux = 25 F ■ Sociétés ou Collectivités, à leur gré : 200 F ou 500 F ou 1000 F. ■ Changement d'adresse : joindre 1,50 F à toute demande.

\* Pour les étrangers dans l'impossibilité de trouver des parrains, le Bureau pourra accorder le parrainage sur titres (diplômes, inscriptions à certaines sociétés recommandations de personnalités scientifiques non membres de la S.F.E.R., etc.). ■ \*\* Cette publication est la revue « l'Onde Electrique ».

# ont collaboré à ce numéro :

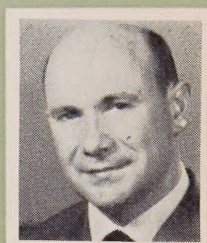
Denis AUTECHAUD

Né en 1930  
Ing. ESE  
Chef du Service d'Etudes  
Pilote Automatique - SFIM  
91-Massy  
Tél. 928.11.75



Gérard COLLOT

Né en 1932  
Ing. CNAM  
Chef du Service « Radars »  
Electronique Marcel Dassault  
55, quai Carnot  
92-Saint-Cloud  
Tél. 603.89.00



Jacques BODIN

Né en 1937  
Responsable du programme Airbus  
à la SFENA  
B.P. n° 59  
78-Velizy  
Tél. 644.45.25



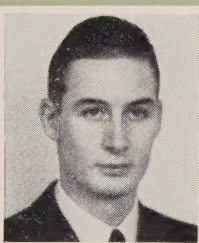
Pierre DAUTREMONT

Né en 1931  
Ing. A et M et ESE (Radio)  
Chef du Dpt Aides à l'Atterrissage  
Compagnie Thomson-CSF  
55, rue Greffulhe  
92-Levallois-Perret  
Tél. 737.34.00



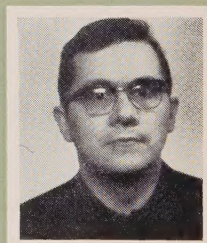
G. BOUY

Ancien élève de l'Ecole Polytechnique  
et de l'ENSA  
Ing. de l'Armement  
STTA (Service technique des  
Télécommunications de l'Air)  
Section d'Etudes Radar  
129, rue de la Convention  
Paris-15°  
Tél. 828.73.00



Raymond DEQUE

Né en 1929  
Licencié ès Sciences  
Chef de service étude de Qualités de  
vol et Systèmes de Pilotage  
Aérospatiale B.P. 3153  
31-Toulouse-03  
Tél. 42.67.00



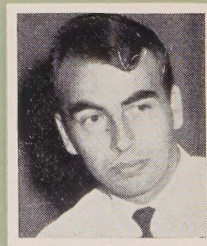
Pierre CANOVA

Ing. ENICA et ESE  
Ing. Principal à la Direction du  
Matériel (Etude des matériels  
nouveaux et coordination Mercure)  
Compagnie Air-Inter  
B.P. 225  
94-Aéroport d'Orly  
Tél. 726.07.00



Bernard DURAND

Né en 1941  
Ing. ESME et ESE  
Ing. à Thomson-CSF  
16, rue du Fossé-Blanc  
92-Gennevilliers  
Tél. 733.86.00



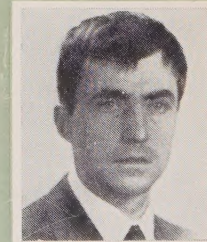
Michel-Henri CARPENTIER

Né en 1931  
Directeur Technique  
Division Radars de Surface  
Thomson-CSF  
1, rue des Mathurins  
92-Bagneux  
Tél. 655.11.22



Armand GUIBAUD

Né en 1935  
Ancien élève de l'Ecole Polytechnique  
Ing. ENSAé  
Ing. en Chef de l'Armement  
Chef de la sous-section Pilotage  
au Service Technique de l'Aéronautique  
4, av. de la Porte-d'Issy  
Paris-15°  
Tél. 828.70.90 - Poste 33.82

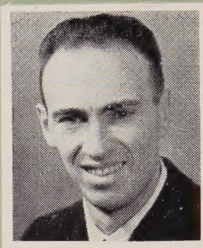


# ont collaboré à ce numéro :



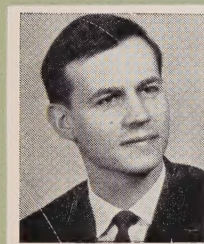
J.P. LANDROT

Né en 1939  
Ing. ESME  
Docteur-Ingénieur  
Ing. à TRT  
5, av. Réaumur  
92-Le Plessis-Robinson  
Tél. 736.40.40



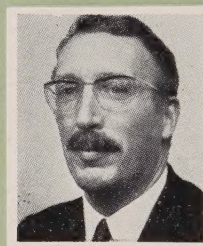
Jacques PAGNARD

Né en 1925  
Ing. INSAé  
Directeur général des Etudes  
et du Développement de la  
SFENA  
B.P. n° 59  
78-Velizy  
Tél. 644.45.25



Claude LANILIS

Né en 1940  
Ing. ISEP  
Ing. à Thomson-CSF  
16, rue du Fossé-Blanc  
92-Genevilliers  
Tél. 733.86.00



Bernard PALAYRET

Ancien élève de l'Ecole Polytechnique  
Ing. Général de l'Aviation Civile  
Chef du Service Technique de la  
Navigation Aérienne  
246, rue Lecourbe  
Paris-15°  
Tél. 828.34.20



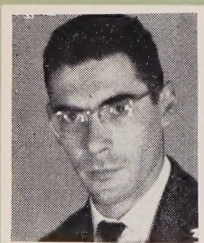
Robert LORON

Né en 1919  
Ecole Polytechnique  
Ecole Nationale Supérieure de  
l'Aéronautique  
Ing. général de l'Armement  
Sous-Directeur des Etudes au Service  
Technique des Télécommunications de  
l'Air  
129, rue de la Convention  
Paris-15°  
Tél. 828.73.00



Hélène SALESSY

Née en 1937  
Ing. ENSAé  
Ing. à la Direction Générale des Etudes  
et du Développement  
SFENA  
B.P. 59  
78-Velizy  
Tél. 644.45.25



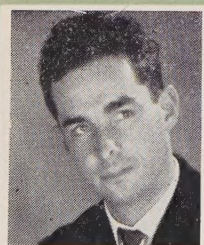
André MEGARD

Né en 1938  
Ancien élève de l'Ecole Polytechnique  
Ing. en Chef de l'Armement  
Adjoint au Chef de la Section  
d'Etudes Télécommunications  
STTA  
129, rue de la Convention  
Paris-15°  
Tél. 828.73.00



Michel SENTIN

Agent Technique Principal  
Direction du Matériel  
Etudes « Matériels Nouveaux »  
Compagnie Air-Inter  
B.P. 225  
94-Aéroport d'Orly  
Tél. 726.07.00



Jacques MIJONNET

Né en 1937  
Ing. Polytechnique et  
ENSA option radio  
Ing. principal de l'Armement au  
Service Technique des  
Télécommunications de l'Air,  
chargé des études de radars de bord  
STTA  
129, rue de la Convention  
Paris-15°  
Tél. 828.73.00



Jean VEDRUNES

Né en 1934  
Ingénieur ENSEEHT  
Ingénieur navigant d'essais  
Centre d'Essais en Vol  
91-Brétigny-sur-Orge  
Tél. 490.92.40

# résumés

## AVIATION ★ DÉTECTION ★ CIBLE

### « DETEGERE » OU LA DÉTECTION, par H. CARPENTIER.

On trouve le besoin de détecter un peu partout. La détection peut être passive ou active. Lorsqu'elle est active, la cible à détecter peut être, ou non, coopérative et l'action peut consister soit à utiliser un révélateur, soit à conférer à la cible à détecter une propriété spécifique. L'article analyse tous ces aspects de la détection et, en dépit des différences importantes entre les détecteurs, on montre les nombreux points communs. Un rapide survol de l'évolution récente de la détection est fait en fin d'article.

ONDE ÉLEC. Vol. 51, fasc. 5, pp. 349 à 354, MAI 71

## AVIATION ★ SYSTÈMES D'ATTERRISSAGE

### ESSAIS EN VOL DES NOUVEAUX SYSTÈMES, par J. VEDRUNES.

Dans les essais en vol de nouveaux systèmes d'atterrissage, on peut considérer trois grandes phases : la mise au point relative aux problèmes liés au vol, l'évaluation des performances techniques et opérationnelles.

Une maquette de vérification, de principe SYDAC, est actuellement en essai au CEV et la deuxième partie des essais en est assez avancée. Les résultats obtenus jusqu'alors sont très encourageants. Le seul problème sérieux est celui des faux axes. Mais la précision des informations de site et de gisement, du moins aux faibles valeurs de site est bonne et la fiabilité semble excellente pour une maquette.

ONDE ÉLEC. Vol. 51, fasc. 5, pp. 372 à 375, MAI 71

## AVIATION ★ ATERRISSAGE ★ GUIDAGE

### LES PROBLÈMES SPÉCIFIQUES MILITAIRES DE L'ATTERRISSAGE TOUS TEMPS, par A. MÉGARD.

Longtemps considérés comme de second plan, les problèmes de l'atterrissage tous temps retiennent actuellement l'attention des utilisateurs militaires. Si les problèmes techniques de guidage le long d'un axe radioélectrique sont sensiblement les mêmes que dans le domaine civil, les contraintes opérationnelles sont, dans bien des cas assez différentes : mobilité des équipements sol, insensibilité à l'environnement pour l'emploi sur des terrains tactiques sommairement aménagés, conception différente de la sécurité.

ONDE ÉLEC. Vol. 51, fasc. 5, pp. 356 à 358, MAI 71

## AVIATION ★ ILS

### ENSEMBLE DE RÉCEPTION ILS POUR L'OPÉRATION D'ATTERRISSAGE DE LA CATÉGORIE III, par Cl. LANILIS.

Le système décrit dans cet article permet la réception des signaux ILS à bord des aéronefs avec une probabilité de panne catastrophique de  $10^{-9}$  pendant la dernière phase d'atterrissage (environ 20 s avant le toucher des roues).

Cette sûreté de fonctionnement permettant les opérations d'atterrissage tous temps phase III B est obtenue par la redondance des chaînes de mesures et par une surveillance permanente et automatique des informations fournies par l'ensemble de réception associée à une visualisation originale au pilote.

ONDE ÉLEC. Vol. 51, fasc. 5, pp. 377 à 380, MAI 71

## AVIATION ★ ÉQUIPEMENTS ILS ★ ATERRISSAGE TOUS TEMPS

### ÉQUIPEMENTS ILS DE LA CATÉGORIE DE PERFORMANCE III, par P. DAUTREMONT.

Le système d'atterrissage ILS standardisé par l'OACI en 1949 ne permet que depuis peu, l'atterrissage tous temps. L'équipement LS 371 de la THOMSON-CSF développé en collaboration avec le STNA incorpore les derniers perfectionnements technologiques à une expérience opérationnelle vieille de dix années. Les technologies « de l'état solide » ont permis d'atteindre des fiabilités de sous-ensembles très élevées. Il en est résulté une famille de matériels dont la version la plus élaborée atteint les objectifs fixés pour la qualité de l'information de guidage et la sécurité, et ainsi permettre l'atterrissage sans visibilité — ou atterrissage tous temps.

ONDE ÉLEC. Vol. 51, fasc. 5, pp. 359 à 365, MAI 71

## AVIATION ★ SYSTÈME D'ATTERRISSAGE

### LE SYSTÈME D'ATTERRISSAGE TOUS TEMPS « SUD-LEAR » INSTALLÉ SUR LES CARAVELLE D'AIR INTER, par P. CANOVA.

Les Caravelle d'Air Inter sont toutes équipées du système ATT Sud-Lear et peuvent pratiquer l'atterrissage automatique sur les terrains de : Orly, Toulouse, Bordeaux, Lyon qui possèdent les installations au sol indispensables.

Le nombre de passagers transportés par Caravelle à destination de ces seuls terrains représente 71,5 % du trafic total Caravelle.

ONDE ÉLEC. Vol. 51, fasc. 5, pp. 381 à 384, MAI 71

## AVIATION ★ ÉQUIPEMENT ILS

### LE SYDAC : SYSTÈME EN BANDE C COMPATIBLE AVEC L'ILS, par M. RONSIN.

L'auteur décrit le matériel SYDAC, qui est un ILS travaillant en bande C. Ce matériel, compatible avec l'ILS classique, réduit en grande partie les inconvénients apportés par des diagrammes de rayonnement utilisant le sol, la sensibilité aux obstacles latéraux et surtout l'encombrement des installations qui ne nécessitent pas des travaux d'aménagement du terrain.

ONDE ÉLEC. Vol. 51, fasc. 5, pp. 366 à 371, MAI 71

## AVIATION ★ PILOTE AUTOMATIQUE

### LE PILOTE AUTOMATIQUE DE L'AIRBUS, par J. PAGNARD, J. BODIN, H. SALESSY.

Le Contrôle Automatique de vol qui équipera l'Airbus, premier avion européen de gros tonnage a été conçu et réalisé en collaboration avec la Société Smiths Ind (GB) et Bodenseewerk Gerätetechnik (RFA). Les auteurs décrivent ce système ainsi que les techniques utilisées.

ONDE ÉLEC. Vol. 51, fasc. 5, pp. 385 à 390, MAI 71

# summaries

## AVIATION ★ LANDING SYSTEMS

### FLYING TESTS OF NEW SYSTEMS, by J. VEDRUNES.

In the flying tests of new landing systems, one may consider three main phases : adjustment connected with problems jointed to the flight, technical and operational performances evaluation.

A verification mock-up, on SYDAC principle, is now on try at the FTC and the second part of tries are getting on enough. Obtained results as yet are very encouraging. The only one serious problem is that one of false axes. But the site and bearing precision of informations, at least to the low values of site, is good and reliability seems excellent for a mock-up.

ONDE ÉLEC. Vol. 51, fasc. 5, pp. 372 to 375, MAY 71

## AVIATION ★ DETECTION ★ TARGET

### « DETEGERE » OR DETECTION, by H. CARPENTIER

One needs to detect anywhere. Detection can be passive or active. When it is active, target to detect can be, or not, co-operative and action may consist either one to use a discoverer, or the other to confer at the target a specific property. Paper analyses all these views of detection and, in spite of the important differences between detectors, one shows the numerous common points. A rapid digest of the late development of the detection is given on the end of the paper.

ONDE ÉLEC. Vol. 51, fasc. 5, pp. 349 to 354, MAY 71

## AVIATION ★ ILS

### ILS RECEPTION SET FOR CATEGORY III LANDING, by Cl. LANILIS.

System described in this paper allows to receive ILS signals aboard airplanes with a catastrophic failure probability of  $10^{-9}$  during the last landing phase (about 20 s before the wheels touch).

This operation reliability allowing the all-weather phase III B landing sequences is obtained through the measurement chains with a permanent and automatic control of furnished informations by the reception set joined with an original visualization to the pilot.

ONDE ÉLEC. Vol. 51, fasc. 5, pp. 377 to 380, MAY 71

## AVIATION ★ LANDING ★ RANGING

### MILITARY SPECIFIC PROBLEMS OF ALL WEATHER LANDING, by A. MÉGARD.

Considered during a long time as a middle ground, all weather landing problems hold presently the attention of the military customers. If technical problems of ranging along a radio-electric axle are appreciably the same that in the civil area, operational stresses are often different enough : ground equipment mobility surroundings insensibility for using on tactical airfield summarily provided, security different conception.

ONDE ÉLEC. Vol. 51, fasc. 5, pp. 356 to 358, MAY 71

## AVIATION ★ LANDING SYSTEMS

### ALL-WEATHER LANDING SYSTEM « SUD-LEAR » ON THE AIR INTER CARAVELLE, by P. CANOVA.

Air Inter Caravelle are all fit out of the AWL system Sud-Lear and are able to operate automatic landing on the airfield of Orly, Toulouse, Bordeaux, Lyon which have the necessary ground installations.

Passengers transported with Caravelle for only these airfields represent 71,5 % of the total traffic Caravelle.

ONDE ÉLEC. Vol. 51, fasc. 5, pp. 381 to 384, MAY 71

## AVIATION ★ ILS EQUIPMENTS ★ ALL WEATHER LANDING

### ILS EQUIPMENTS OF THE PERFORMANCE III RANGE, by P. DAUTREMONT.

Standardized ILS landing system by ICAO in 1949 allows lately all weather landing. The LS 371 equipment of the THOMSON-CSF, developed in collaboration with the STNA, includes the last technologic improvements with an operational experiment of ten years old. Solid state technologies have allowed to reach very high reliability of sub-units. Results are a materials group of which more elaborated type reaches the fixed objectives for the guidance information quality and security, and so permit the blind, or all-weather landing.

ONDE ÉLEC. Vol. 51, fasc. 5, pp. 359 to 365, MAY 71

## AVIATION ★ AUTOMATIC PILOT

### AIRBUS AUTOMATIC PILOT, by J. PAGNARD, J. BODIN, H. SALESSY.

The Flight Automatic Control which will fit out the Airbus, the first heavy european aircraft, has been designed and realized in collaboration with the Smiths Ind. Sty (GB) and Bodenseewerk Gerätetechnik (W. Germany). Authors describes this system, so that used technics.

ONDE ÉLEC. Vol. 51, fasc. 5, pp. 385 to 390, MAY 71

## AVIATION ★ ILS EQUIPMENT

### THE SYDAC, SYSTEM IN C BAND, COMPATIBLE WITH THE ILS, by M. RONSIN.

Author describes the SYDAC equipment, which is an ILS operating in C band. This equipment, compatible with the classic ILS, reduces for a great part disadvantages brough by the pattern emission with ground reflection sensibility to lateral obstacles and particularly installation bulkiness, which don't need some work for the ground preparation.

ONDE ÉLEC. Vol. 51, fasc. 5, pp. 366 to 371, MAY 71

# résumés

## AVIATION ★ SYSTÈME D'ATERRISSAGE AUTOMATIQUE

### LE SYSTÈME D'ATERRISSAGE AUTOMATIQUE DE CONCORDE, par R. DEQUE.

Après avoir rappelé les objectifs que les constructeurs se sont fixés pour l'utilisation de l'avion par mauvaise visibilité, l'auteur décrit brièvement les systèmes mis en œuvre pour répondre à ces objectifs. De nombreuses études et essais ont été effectués pour mettre au point ces systèmes. Ces études et essais doivent conduire à la certification pour utilisation en compagnie. Cette certification, compte tenu des règlements franco-britanniques, repose en partie sur des démonstrations probabilistes. Les méthodes que les constructeurs pensent utiliser pour ces démonstrations sont illustrées par un exemple.

ONDE ÉLEC. Vol. 51, fasc., 5, pp. 391 à 397, MAI 71

## AVIATION ★ DÉTECTION ★ RADIOALTIMÈTRE

### RADIOALTIMÈTRE A MODULATION DE FRÉQUENCE, par J.P. LANDROT.

L'auteur rappelle la particularité des problèmes posés dans la conception des radioaltimètres. Il explique brièvement quelques-unes des solutions apportées par la nouvelle génération de radioaltimètres à modulation de fréquence développés par TRT.

ONDE ÉLEC. Vol. 51, fasc. 5, pp. 406 à 410, MAI 71

## APPROCHE AUTOMATIQUE ★ HÉLICOPTÈRES

### L'APPROCHE AUTOMATIQUE DES HÉLICOPTÈRES, par D. AUTECHAUD.

L'auteur étudie les dispositifs automatiques de pilotage et d'atterrissage des hélicoptères, actuellement en expérimentation au CEV de Brétigny à l'aide d'une Alouette III ; il donne les premiers résultats statistiques très satisfaisants des matériels embarqués et au sol.

ONDE ÉLEC. Vol. 51, fasc. 5, pp. 398 à 401, MAI 71

## AVIATION ★ RADAR D'ÉVITEMENT D'OBSTACLES ★ HÉLICOPTÈRE

### RADAR D'ÉVITEMENT D'OBSTACLES POUR HÉLICOPTÈRES, par G. COLLOT.

Le radar Saïga a été développé par l'Electronique Marcel Dassault sous contrat du Service Technique des Télécommunications de l'Air en 1966 et 1967. Les essais en vol ont commencé en 1968 et se sont poursuivis jusqu'à la mi-1969. A la fin de ces essais en vol, il y a eu plusieurs évaluations tant française qu'étrangères pour vérifier la validité du matériel dans différentes conditions de vol.

ONDE ÉLEC. Vol. 51, fasc. 5, pp. 411 à 417, MAI 71

## AVIATION ★ DÉTECTION ★ ATERRISSAGE

### LES PROBLÈMES OPÉRATIONNELS, par J. MEJONNET.

Dans une première partie, l'auteur examine les problèmes opérationnels communs à l'aviation civile et à l'aviation militaire : détection des masses nuageuses, aide à l'atterrissage, détection des turbulences en ciel clair.

Dans une deuxième partie, il passe en revue les problèmes plus spécifiquement militaires.

ONDE ÉLEC. Vol. 51, fasc. 5, pp. 403 à 405, MAI 71

## AVIATION ★ RADAR MÉTÉOROLOGIQUE ★ DÉTECTION ★ ATERRISSAGE

### LES RADARS MÉTÉOROLOGIQUES ET LEURS APPLICATIONS, par G. BOUY.

Les radars météorologiques sont utilisés à bord des avions de transport civils pour détecter à distance les formations nuageuses importantes qui pourraient nuire à la sécurité des vols. Mais on peut envisager d'étendre leur champ d'application à d'autres fonctions fondamentales à bord d'un avion, en particulier à la fonction aide à l'atterrissage où ils devraient fournir un excellent moyen de percée autonome.

ONDE ÉLEC. Vol. 51, fasc. 5, pp. 418 à 420, MAI 71

# summaries

## AVIATION ★ DETECTION ★ RADIOALTIMETER

### FREQUENCY MODULATION RADIOALTIMETER, by J.P. LANDROT.

Author recalls the particular nature of problems brought in the radioaltimeter conception. He shortly explains some solutions applied to the new generation of frequency modulation radioaltimeters developed by TRT.

ONDE ÉLEC. Vol. 51, fasc. 5, pp. 406 to 410, MAY 71

## AVIATION ★ AUTOMATIC LANDING SYSTEM

### CONCORD AUTOMATIC LANDING SYSTEM, by R. DEQUE.

After a recall of objectives that the manufacturers have set on for utilization of the aircraft with poor visibility, the author shortly describes systems used to reach these objectives. Numerous designs and tests have been made adjust the systems. These studies and tests must drive to certification for utilization by the companies. That certification, taking in account franco-british rules, partly lies on probabilist demonstrations. Methods that manufacturers think to use for these demonstrations are shown by an example.

ONDE ÉLEC. Vol. 51, fasc. 5, pp. 391 to 397, MAY 71

## AVIATION ★ OBSTACLE SHUNNING RADAR ★ HELICOPTER

### OBSTACLE SHUNNING RADARS FOR HELICOPTERS, by G. COLLOT.

The Saïga radar has been spread out by the EMD under agreement of the Air Telecommunication Technical Service, in 1966 and 1967. Flying tests began in 1968 and have been carried on till the half 1969. At the end of these tests, several evaluations, french or foreign, have been made in order to verify the reliability of the material into different flight conditions.

ONDE ÉLEC. Vol. 51, fasc. 5, pp. 411 to 417, MAY 71

## AUTOMATIC APPROACH ★ HELICOPTERS

### AUTOMATIC APPROACH OF HELICOPTERS, by D. AUTECHAUD.

Author studies automatic pilot and landing of helicopters, now in experimentation at the Flight Test Center of Bretigny, with an Alouette III helicopter ; he gives the first statistical results, very satisfying, of the ground and airborne equipments.

ONDE ÉLEC. Vol. 51, fasc. 5, pp. 398 to 401, MAY 71

## AVIATION ★ METEOROLOGICAL RADAR ★ DETECTION ★ LANDING

### METEOROLOGICAL RADARS AND THEIR APPLICATIONS, by G. BOUY.

Meteorological radars are used aboard civil airliners to detect at a distance important cloudy formations that could bring some trouble to the flight security. But one may expect their application to some other fundamental functions on airplane, particularly to the landing aid function, where they could furnish an excellent autonomous blind approach equipment.

ONDE ÉLEC. Vol. 51, fasc. 5, pp. 418 to 420, MAY 71

## AVIATION ★ DETECTION ★ LANDING

### OPERATIONNELS PROBLEMS, by J. MIJONNET.

In the first part, author examines the common operational problems to civil and military aviation : detection of cloudy formations, landing aids, detection of turbulences in cloudless sky.

In the second part, he reviews more specifically military problems.

ONDE ÉLEC. Vol. 51, fasc. 5, pp. 403 to 405, MAY 71

**nous avons  
en mains  
toutes les solutions  
à vos problèmes  
IFF/SSR !**

**G 3 D**

**Groupe**

**DECODEUR - DEFRUITEUR - DEMELOIR**

Comportant 3 décodeurs passifs et 1 décodeur actif tous modes  
technologie avancée - état solide (circuits intégrés type MSI-TTL)

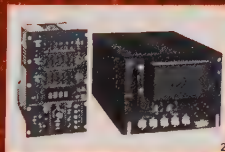
**MODELES**

**G 3 D.S** version sol. **G 3 D.B** version aéroportée. **G 3 D.M** version  
marine. **G 3 D.C** version système d'armes CROTALE  
et... conformes aux STANAG 5017 et normes DACI (Annexe 10).



**G 3 D.S**

**et...**



**2**



**3**



**4**



**4**



**5**



**6**



**7**

**2: G 3 D.B 3: G 3 D.C 4: SPERI 5: défruteur digital 6: générateur SIF 7: répondeur CHB 4362-B**

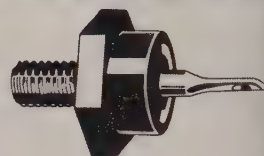
**SECRE**

**DEPARTEMENT AERONAUTIQUE**

**214-216 FAUBOURG SAINT-MARTIN, PARIS X<sup>e</sup>  
TEL 205.93.09 - télex 22169 F - FRANCE**

nous savons répondre  
à tous vos problèmes de

# diodes de puissance rapides



- diodes de récupération
- limitation des surtensions
- faible perte de commutation
- faibles bruits radio-électriques

de 0,4 A à 30 A  
de 50 volts à 1000 volts

boîtier DO 5



**sesosem**

Société Européenne de Semiconducteurs et de Microélectronique

Direction Commerciale : 101, bd Murat - Paris 16<sup>ème</sup> - Tél. 525.75.75  
13-Aix en Provence - 15, rue Camille Pelletan - Tél. (91) 27.57.72 - 27.61.16

THOMSON-CSF Services commerciaux Région Sud-Est : 38-St Egreve - Tél. (76) 88.40.61

O.E. Service : cerclez le n° 504

# Visibilité...



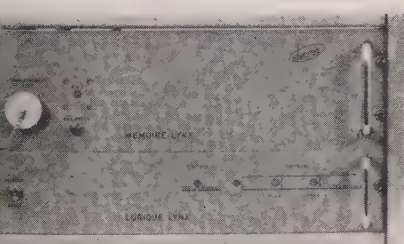
# YNX

**T.I. 561**

## Equipement Automatique de Calcul, d’Affichage et de Transmission à distance de la **VISIBILITE**

*Le calcul s’effectue à partir des trois paramètres :*

• *Pouvoir Transmissif de l’Atmosphère (PTA) • luminance de fond • intensité lumineuse des balises.*



*Ce matériel destiné à une mesure simultanée en 3 endroits d’un aérodrome peut être également utilisé pour déterminer une visibilité à l’entrée d’un port, sur les routes ou en montagne.*



**DIVISION ELECTRONIQUE DE LA SNECMA**

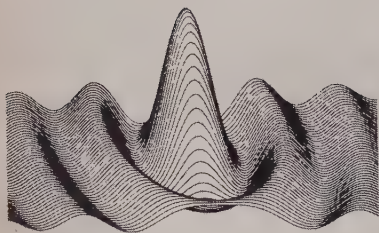
**22, QUAI GALLIENI • 92 - SURESNES • FRANCE**

**TEL. 506.60.30**

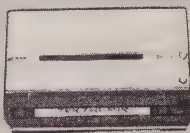
Service : cercele le n° 505

ous renseignements complémentaires, utilisez les cartes-réponse O.E. Service

# Le reprographe 4601... ouvre de nouveaux horizons



T 4 002



4 601

Le Reprographe Electronique fournit une copie des informations exposées sur un écran à mémoire TEKTRONIX.

1. - La copie s'obtient manuellement, en appuyant sur un bouton, ou automatiquement par programmation.
2. - Le nombre de copies est illimité, la première est délivrée en 18 secondes et les suivantes en 10 secondes. Chaque copie est reproductible.
3. - Le format est standard (21 x 27 cm) ; le coût de revient de chaque feuille est de F 0,50, c'est-à-dire bien moins cher qu'une photographie.
4. - De par la grande résolution du système, la copie peut représenter 400 caractères parfaitement lisibles ou des signaux les plus complexes.

Le 4601 s'adapte aux appareils de visualisation graphiques et alphanumériques TEKTRONIX, tels la console 611 ou les terminaux d'ordinateur T 4002 et T 4001. Avec le 4601, inutile désormais de vous déplacer pour venir observer l'écran : une copie peut vous être adressée à tout moment à vous et à vos clients.



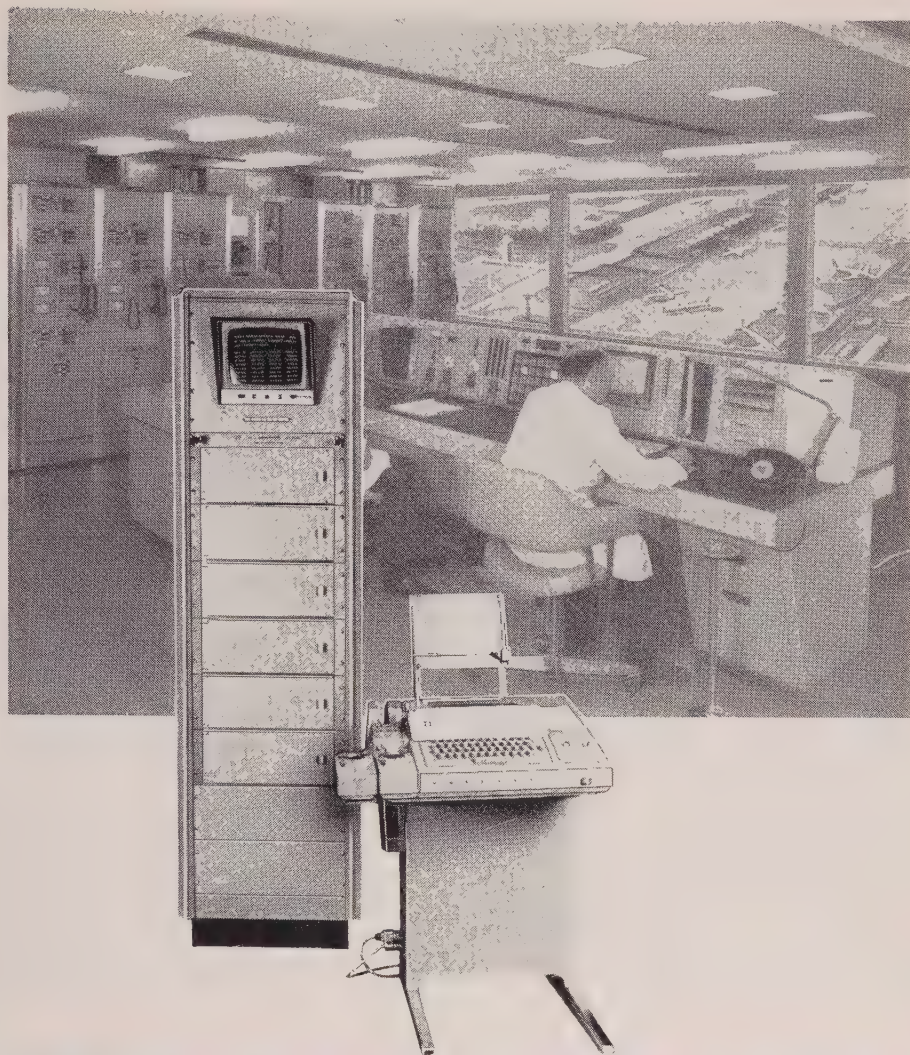
4 601



**TEKTRONIX®**

Zone Industrielle Courtabœuf - B.P. 13 - (91) ORSAY - Tél. 920-61-  
 (31) TOULOUSE : 284, Route de Saint-Simon - (69) LYON 7 : 166, Avenue Berth  
 (35) RENNES : 6 bis, Avenue Louis-Barthou - (06) VILLENEUVE-LOUBET Plage : 16, Av. de la

**conception... réalisation... installation...**



## **LA SIGNALISATION**



**Téléexploitation de centres Emission et Réception déportés assurant la couverture VHF et UHF de l'espace aérien.**

**Equipements pour Centre de Contrôle du trafic aérien (chaîne radio).**

**Concentrateur diffuseur de messages (système JADIS).**

**Manipulateurs automatiques pour radio-balise, VOR, ILS.**

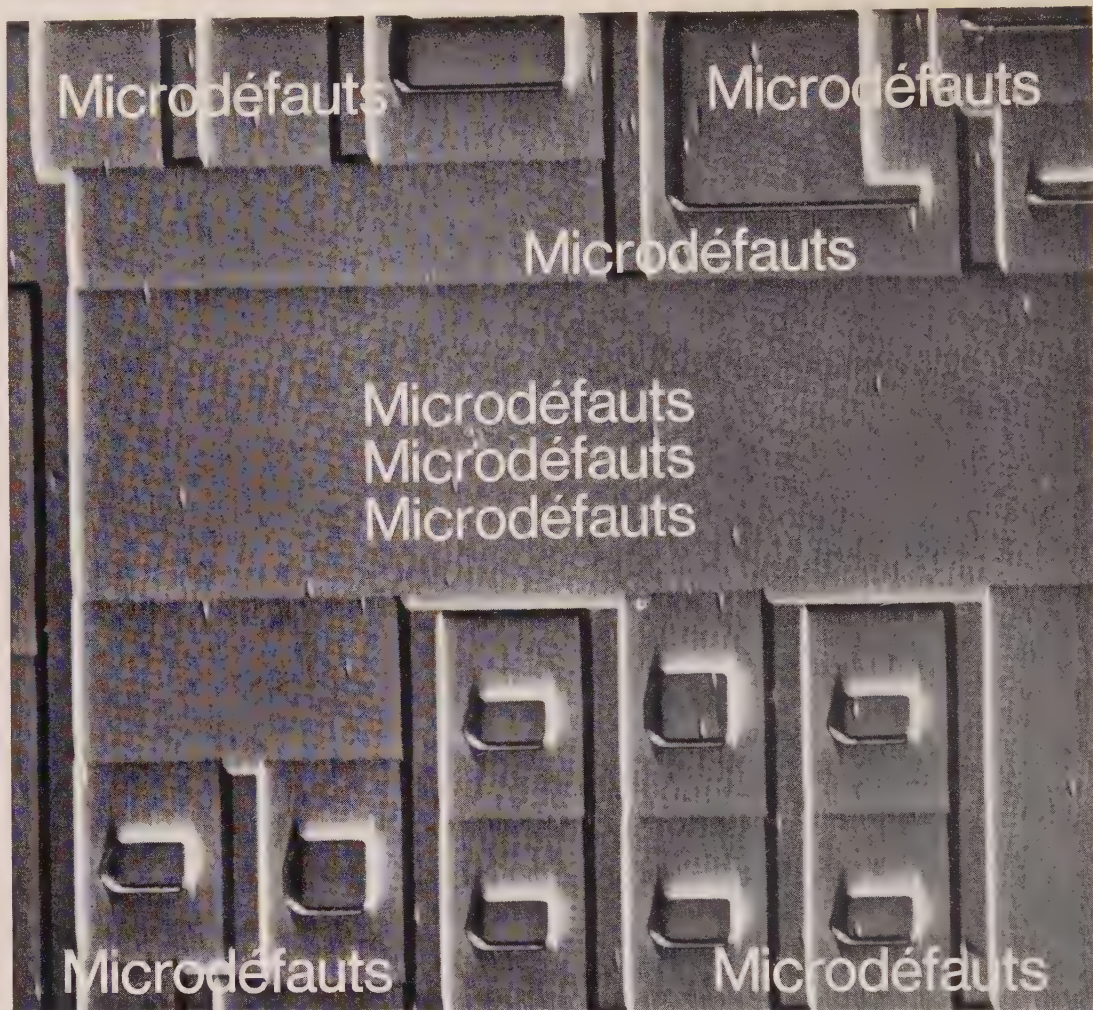
**Horloges numériques, etc.**

### **LA SIGNALISATION**

siège social :  
138, rue du Chevaleret - Paris XIII<sup>e</sup>

**CENTRE TECHNIQUE D'ORLY**  
36, Av. du Docteur-Marie  
(94) Orly  
TEL. : 235-49-20

*au salon du Bourget - stand 125 - Hall F*



Les micro-défauts et défauts dans la structure cristalline sur les réseaux ne sont visibles qu'avec le contraste interférentiel-différentiel à effet tridimensionnel du microscope KK 08.

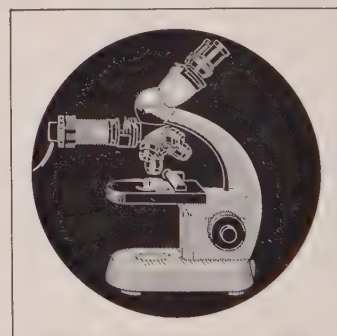
Ainsi, les contrôles répétés sont faciles et exempts de fatigue.

**Avantages:**

Le passage du contraste interférentiel différentiel à l'éclairage fond clair se fait en un tour de main; vous avez avec les nouveaux objectifs EPIPLAN LD (longue frontale) plus de place pour les manipulations en dessous de l'objectif.

Les circuits intégrés ou autres objets sont examinés avec une extrême précision sur le microscope STANDARD KK 08.

Nos Conseillers Techniques sont à votre disposition pour répondre à vos questions.



**ZEISS**

7082 Oberkochen/Württ.  
Allemagne Fédérale



En France: **CARL ZEISS S.A.R.L.**

109, Les Bureaux de la Colline de St. Cloud, 92 St. Cloud, Tél. 6 02 18 00  
303a, route de Colmar, Strasbourg-Meinau (Bas-Rhin), Tél. 34 34 15  
Paris - Lyon - Nantes - Strasbourg - Toulouse

O.E. Service : cercelez le n° 508



# **A BORD COMME AU SOL ELECTRONIQUE THOMSON-CSF**



**THOMSON-CSF**

LE BOURGET: HALL B STAND 13 ET HALL F STAND 113

Service : cercelez le n° 509

tous renseignements complémentaires, utilisez les cartes-réponse O.E. Service

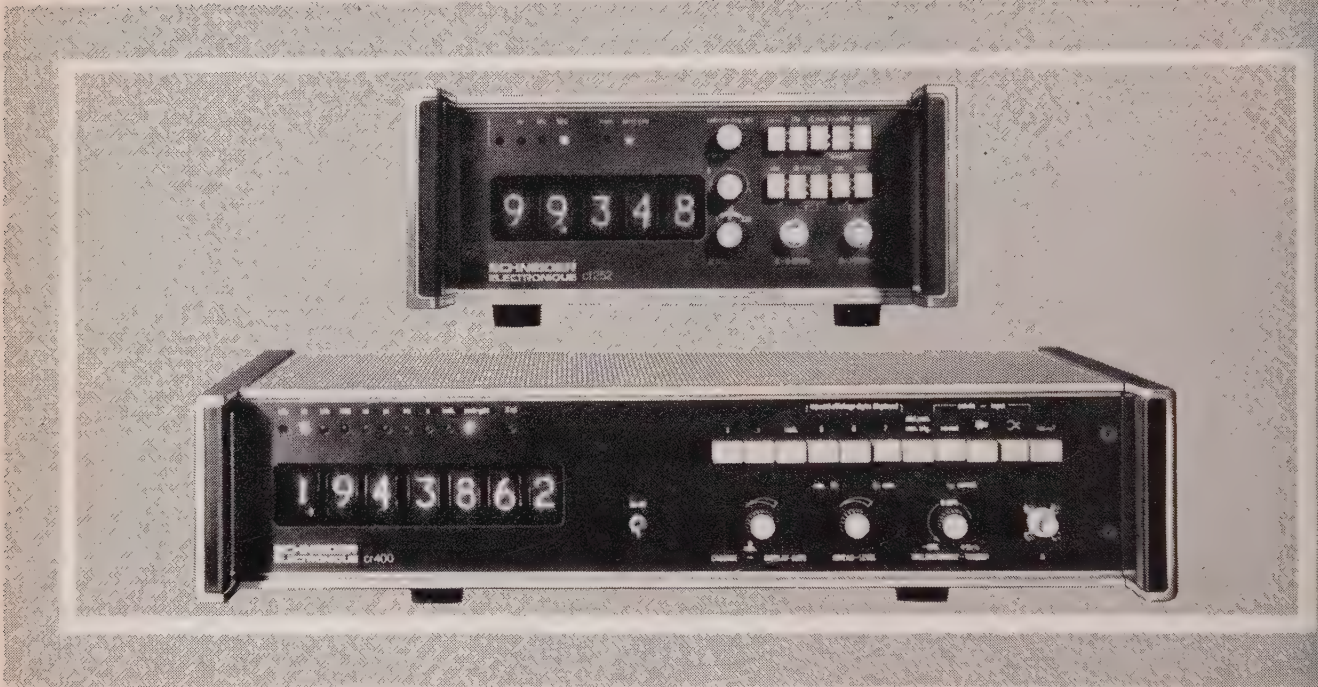
seul schneider électronique vous offre

# le choix

## fréquence-mètres-compteurs

- 4, 5, 6, 7 chiffres
- sélection automatique de gammes
- comptage direct ou réciproque (calculateur)
- programmables

de 0 à 100 MHz



| types  | bandes           | nombre de chiffres | présentation            | particularités                                                | prix |
|--------|------------------|--------------------|-------------------------|---------------------------------------------------------------|------|
| cf 251 | 0 - 20 MHz       | 5                  | 4/8. 2 u                | sélection automatique de gammes.                              | 3    |
| cf 252 | 0 - 100 MHz      | 5                  | 4/8. 2 u                | sélection automatique de gammes.                              | 4    |
| cf 315 | 5 Hz - 12 MHz    | 6                  | 6/8. 2 u                | sélection manuelle multifonctions                             | 5    |
| cf 350 | 5 Hz - 12 MHz    | 6                  | 6/8. 2 u                | sélection manuelle multifonctions                             | 5    |
| cr 300 | 10 Hz - 1 KHz    | 4                  | 72 x 144 (app. tableau) | fréquence-mètre-calculateur                                   | 8    |
| cr 400 | 0,01 Hz - 20 MHz | 7                  | 8/8. 2 u                | fréquence-mètre-calculateur à sélection automatique de gammes | 9    |

REPRESENTANTS : SUD-OUEST : BASCOUL ELECTRONIQUE, 35, r. Luchet 31-TOULOUSE - Tél. 48-99-29 ■ SUD-EST : ELIC 38 - LE BUREAU BARISIEN, 8-10, av. du Grand Sablon, 38 - LA TRONCHE (près Grenoble) - Tél. 87-67-71 - Tx 32 739 □ 231, av. Jean-Jaurès, 69-LYON 7<sup>e</sup> - Tél. 72-68-08 ■ OUEST : DIRECT, 151-153, r. de Constantine, 76-ROUEN - Tél. 70-24-23 - Tx 77 842 ■ NORD : F.R.T. : 850, av. de la République, 59-MARCO-EN-BARCEUL par Lille - Tél. 72-44-65 - Tx 12 834 ■ EST : HOHL ET DANNER, 6, r. Livio, B.P. N° 76, 67-STRASBOURG MEINAU - Tél. 34-54-34 - Tx : 87 767 ■ BRETAGNE : SOREDIA, B.P. 675, 35-RENNES ■ AUVERGNE : AUVERLEC, 78, r. Champfleuri, 63-CLERMONT-FERRAND - Tél. 92-14-77 ■ MIDI : I.G.P.A., 7, bd R.-Borde, 13-MARSEILLE 14<sup>e</sup> - Tél. 50-07-12. BELGIQUE-LUXEMBOURG : F.R.T. 850, av. de la République - 59-MARCO-EN-BARCEUL par Lille - Tél. 72-44-65 - Tx 12 834.

**SCHNEIDER  
ELECTRONIQUE**

DEPARTEMENT INSTRUMENTATION  
12 RUE LOUIS BERTRAND 94-IVRY FRANCE Tél : 672. 73. 60 +

O.E. Service : cercelez le n° 510

# CIRCUITS IMPRIMES

rigides et souples, classiques et  
à liaisons métallisées, multicouches  
à haute fiabilité

## COMELIM

circuits pour équipements spatiaux et  
aéronautiques

étude

réalisation

équipement



© 1980 domenach 1.30



Route de Marcoussis **91 - LIMOURS**

TEL. 491.01.12 (7 lignes) Télex 60 886 F



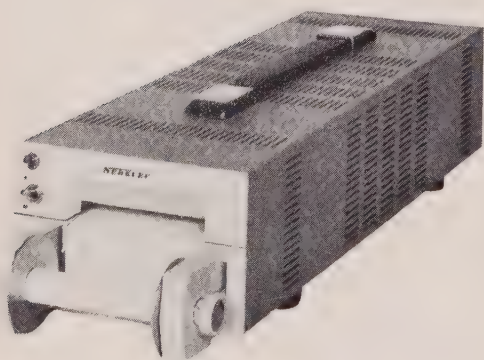
MEMBER

Service : cercelez le n° 511



essais en vol...  
essais au sol...

imprimante  
**SEDELEC**  
indispensable...



ELECTRO-domenech 227

**2 TYPES D'ALIMENTATION :** TL 21 : 220v Alt. H. 75 L. 120 P. 350  
TL 23 : 12v et 27v continu H. 75 L. 120 P. 282  
Code BCD - Impression parallèle - Vitesse 2 l/s  
Capacité 6 et 12 colonnes - Option réenrouleur de bande  
Enfichage en rack 2 unités

**SEDELEC**

Serv. commercial : 83 av. J.-B. Clément - 92 Clamart - tél. 644.08.58

agent régional sud-est  
**Société DELTRONIC**

B.P. 92 - Cagnes-sur-Mer - Téléphone : 31.25.97  
Salon de l'Aéronautique du Bourget — Hall F - Stand 216

O.E. Service : cercelez le n° 512

COLLECTION TECHNIQUE DE L'ORTF

L. GOUSSOT

Ancien élève de l'École Polytechnique

## COURS D'ÉLECTRONIQUE GÉNÉRALE

Un ouvrage 15×24 cm, 654 pages — 605 figures  
schémas et abaqes. Relié pleine toile  
Prix en librairie : 140 F (Franco recommandé 144,50 F)

Le Cours d'Électronique Générale est le premier ouvrage d'une collection technique que l'ORTF présente à l'intention de ses techniciens.

Il s'adresse également à tous les étudiants ayant au départ le niveau du baccalauréat et abordant une formation technologique supérieure au cours d'un cycle d'études qui est sensiblement celui des Instituts Universitaires de Technologie.

Un résumé des grandes lois de l'électricité, qui fait partie de l'enseignement classique, prépare à l'étude la plus pratique des circuits radio-électriques. Cette étude est abordée d'une manière progressive, en associant les aspects pratiques et théoriques pour l'étude des composants passifs, du signal en général, porteur d'information ou modulé et atteignant progressivement les circuits de plus en plus complexes jusqu'à la théorie des dipôles actifs et passifs, des quadripôles et des réseaux en général. L'ouvrage se termine par la théorie des lignes de transmission et ce chapitre peut servir d'introduction à l'étude de la propagation guidée et des hyperfréquences qui n'est pas abordée dans ce cours. Ce livre qui sera suivi d'un second ouvrage d'enseignement général, rédigé par le même auteur, et traitant des composants actifs, tubes à vide et transistors, ainsi que des circuits fonctionnels actifs, est donc particulièrement indiqué pour figurer en bonne place, aussi bien dans la bibliothèque de l'ingénieur que parmi les ouvrages du futur technicien de l'électronique.

### BULLETIN DE COMMANDE

aux ÉDITIONS CHIRON - 40, rue de Seine, PARIS 6

Veuillez m'expédier à l'adresse suivante .....

..... exemplaires du :

### COURS D'ÉLECTRONIQUE GÉNÉRALE

Je vous adresse par le même courrier la somme de ..... F, montant de ma commande (1).

Date :

Signature

(1) Versement à notre C.C.P. PARIS 53-35, Éditions CHIRON ou par chèque bancaire.

ÉDITIONS CHIRON - 40, rue de Seine - PARIS 6

# le radar doppler RDN 72 équipe le JAGUAR

Le radar RDN 72, fabriqué par l'ELECTRONIQUE MARCEL DASSAULT sous licence DECCA, représente une nouvelle génération de radar Doppler de navigation destiné à l'équipement des avions subsoniques et supersoniques.

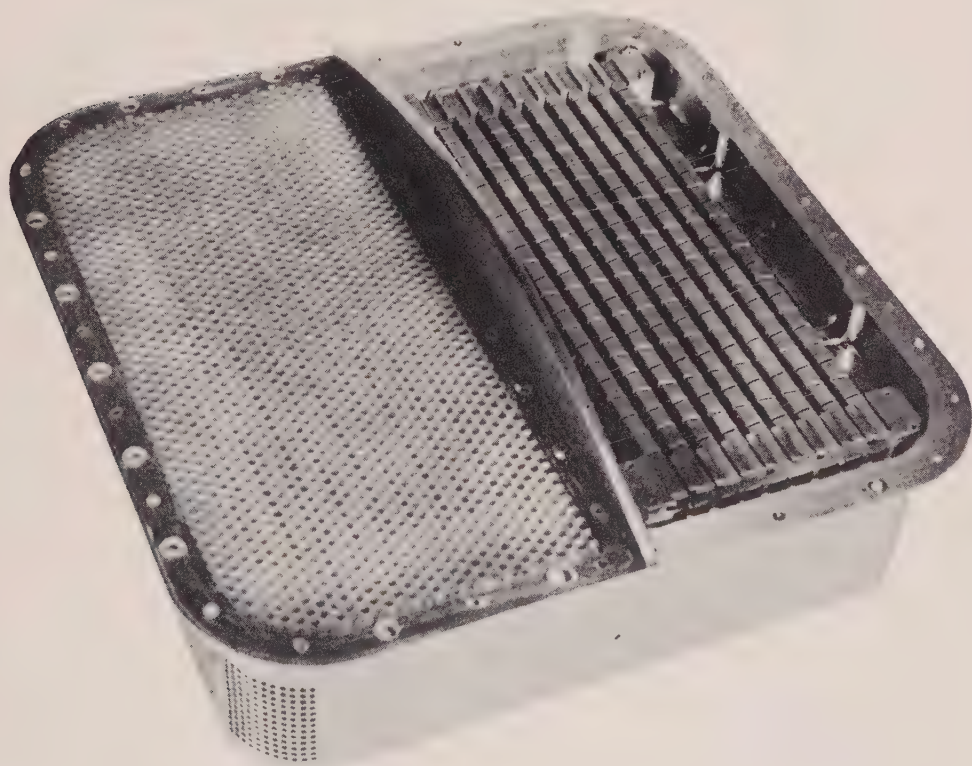
Fonctionnant en bande K<sub>a</sub>, ce radar mesure avec une grande précision les composantes de la vitesse par rapport au sol suivant les axes liés à l'avion. Les informations sont délivrées sous forme digitale de façon à permettre leur exploitation, soit par un calculateur central arithmétique, soit par un calculateur de navigation utilisant les techniques digitales. Elles sont également présentées au pilote sur un indicateur donnant la vitesse

sol et la dérive.

Le radar comporte deux unités :

- un ensemble monobloc comprenant le radar et les circuits associés,
- un indicateur de vitesse et de dérive.

L'ensemble monobloc comporte le détecteur Doppler et les circuits de mesure de la vitesse. Son encombrement global a pu être notablement réduit par l'utilisation de circuits intégrés. Il peut être fixé sur la structure de l'avion dans une zone non pressurisée et non ventilée. Cette présentation permet une implantation aisée sur tous les types d'avion et simplifie de façon appréciable les problèmes d'installation et de maintenance.



**ELECTRONIQUE MARCEL DASSAULT**

55, Quai Carnot - 92 - St-CLOUD - FRANCE - tél. : 603.89.00

Service : cerclez le n° 513

Pour renseignements complémentaires, utilisez les cartes-réponse O.E. Service

# La mesure des circuits intégrés logiques c'est Métrix

Le contrôle des micro-éléments (circuits intégrés logiques) est d'une valeur primordiale dans la phase précédant leur câblage.

Avec l'Analyseur de CI logiques TX 935 A, METRIX permet aux industriels qui fabriquent les CI, ou à ceux qui les utilisent dans leurs produits, de procéder à des tests de série avant câblage. Cet instrument permet en effet le contrôle,

automatique ou non, des fonctions logiques, la mesure des niveaux et des courants d'entrée et de sortie. Toutefois, si, abordant la technique des CI, vous ne désirez pas encore faire des mesures de série, mais des tests appliqués à de petites quantités, d'autres appareils ont été adaptés dans cet esprit, et en fonction d'une bonne

rentabilité :

Le contrôleur de CI logiques TX 902 A : qui assure

le contrôle des niveaux logiques et la vérification des états logiques d'un appareil en fonctionnement.

L'Analyseur de fonction logique TX 905 A : pour l'étude et la vérification

automatiques des fonctions logiques des CI des circuits câblés.

L'Analyseur manuel de CI logiques

TX 906 A : pour la mesure des

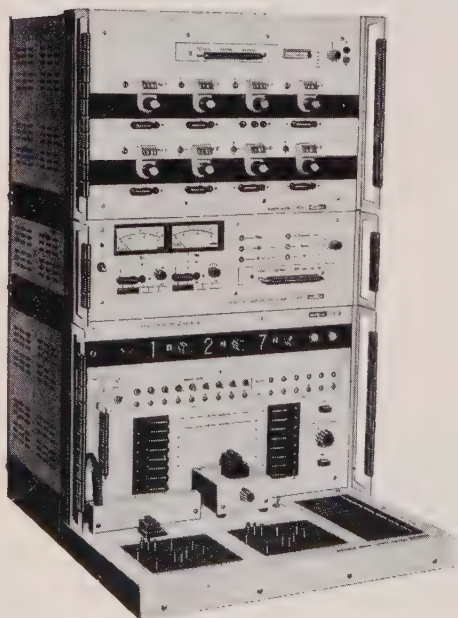
paramètres statiques des CI logiques avec grande souplesse de réglage.

La mesure des CI, c'est la garantie de la fiabilité.

METRIX a, dans ce domaine, une expérience, une autorité et une gamme d'instruments qui sont là

pour résoudre tous vos problèmes.

Consultez-nous :



## Ensemble analyseur de CI logiques TX 935 A

Contrôle en automatique :

- les fonctions logiques.
- les niveaux et courants d'entrée.
- les niveaux et courants de sortie.
- les alimentations Vcc et courant.
- les temps de transfert (avec accessoire).

METRIX

DÉPARTEMENT INSTRUMENTATION

de la Société des Produits Industriels ITT

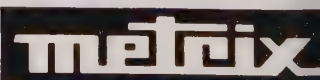
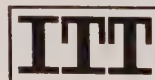
Chemin de la Croix Rouge

B.P. 30 - 74 - ANNECY - Tél. (50) 45.46.00

Télex 30 722 - Câbles : Métrix Annecy

Bureaux de Paris : 56, Av. Émile Zola (15°)

Téléphone : 250.63.26.





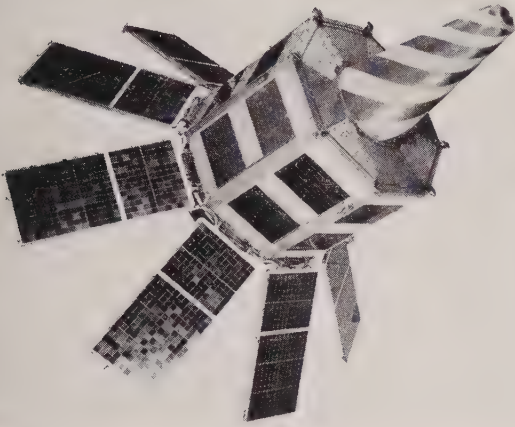
Fiabilité spatiale

Fiabilité des  
Télécommunications



### Les photomultiplicateurs embarquables R.T.C. pour D2A, D2B...

L'un des photomultiplicateurs embarquables de R.T.C. : le PM 450 FH, équipe le satellite D2A qui a été lancé à Kourou le 15 avril 1971. TD1, SIGNE, D2B, OSO, eux aussi, ont choisi les photomultiplicateurs embarquables de R.T.C. dont le succès est mondial : l'un d'eux, le PM 406 F, a obtenu à la Foire de Leipzig de mars 1971 la seule médaille d'or qui ait été décernée à l'industrie occidentale dans le domaine des composants électroniques.



### 100 cellules solaires R.T.C. pour PEOLE et EOLE

LE a été lancé en décembre 1970, préparant le lancement de EOLE prévu pour août 1971. Chacun des deux satellites est équipé d'un générateur à cellules solaires en silicium de R.T.C. Huit mille huit cent de ces cellules ont été utilisées pour la réalisation de ces générateurs. D'autres cellules solaires de R.T.C., en couches minces de tellurure de cadmium, équipent les ballons-sondes du Centre National d'Etudes Spatiales et du Centre National de la Recherche Scientifique.



### 50 watts 24 heures sur 24

Située sur la route aérienne Paris-Bordeaux, cette radio-balise qui consomme 50 watts, vingt-quatre heures sur vingt-quatre, est alimentée par une batterie de cellules solaires réalisée par R.T.C. pour le Service Technique de la Navigation Aérienne.

Ce générateur est constitué de 120 modules comportant, chacun, 40 cellules en silicium de 30 mm de diamètre.

quelques exemples ne sont pas le fait du hasard.

On trouve que, dans le domaine aérospatial comme dans tous les autres, la fiabilité des composants R.T.C., reconnue par tous, suscite la confiance.

En outre, dans le cadre du programme CONCERTO lancé par le C.N.E.S. et dont le but est l'obtention de composants français à fiabilité spatiale, R.T.C. joue un rôle essentiel pour l'optimisation des procédés de fabrication des circuits imprimés, transistors et circuits intégrés.

Demain, de nouveaux satellites, de nouveaux avions commerciaux ou militaires, de nouvelles installations de télécommunications au sol... feront confiance, à leur tour, aux composants R.T.C. conçus pour fonctionner sans défaillance dans les conditions d'environnement les plus sévères.

## R.T.C. LA RADIOTECHNIQUE-COMPELEC

130, Avenue Ledru-Rollin - Paris - XI<sup>e</sup>  
Composants Aérospatiaux : 357-69-30 Poste 567

Service : cercelez le n° 515

Pour tous renseignements complémentaires, utilisez les cartes-réponse O.E. Service



## Un nouveau magnétron pour chauffage industriel : le 3 kW

La conception d'un Magnétron de 3 kW - le seul sur le marché international - révèle l'attention que porte la Division Tubes et Composants de L.M.T. aux Magnétrons pour chauffage industriel.

La haute créativité des ingénieurs de L.M.T., servie par de puissants moyens scientifiques et techniques en a permis la mise au point.

Destiné aux équipements de moyenne puissance, ce magnétron réduit le nombre de tubes,

supprime de nombreux circuits, diminue la quantité d'alimentations et donne au four une grande souplesse d'utilisation.

Il complète avantageusement la gamme L.M.T. de magnétrons à usage industriel.

Caractéristiques techniques du nouveau Magnétron de 3 kW, type MG 86 T1 :

Magnétron continu sans aimant, à refroidissement par eau, d'une puissance de sortie de 3 kW.

Haute tension : 5 kV - Courant anodique : 1 A - Tension Filament : 6,9 V - Courant Filament : 20 A

Pour toute information et documentation, adressez votre demande à :

L.M.T.  
Division Composants  
46, Quai A. Le Gallo  
92 - BOULOGNE  
Tél. : 603.50.00

# L.M.T.

COMPOSANTS **ITT**

**pourquoi...**

**parle-t-on  
déjà  
du**

**7403 N**

**omme du futur**

**best seller?**



extension  
possible

choix  
entre  
22  
modèles

■ **pour ses performances**

Une bande passante de 80 MHz et un écran de 10 x 12 cm le rendent utilisable dans n'importe quel environnement grâce à la luminosité de la trace obtenue par une post-accélération de 14 kV.

■ **pour ses possibilités multiples**

2 ou 3 tiroirs au choix jumelés à un système de commutation permettent d'exposer simultanément des signaux différents pour des applications diverses (recherche, industrie...).

■ **pour sa conception d'avant-garde**

Des commandes à boutons poussoirs, disposées d'une façon logique sur le panneau avant suivant un code de couleur lui confèrent une grande facilité d'utilisation. Son poids (15 kg), sa robustesse et sa fiabilité le désignent pour des travaux sur chantier.

■ **pour son prix**

Le moins cher des appareils de la Série 7000. Un investissement modeste au départ et de grandes possibilités d'extension par la suite.

**LE 7403 N EST  
UNE ACQUISITION  
JUDICIEUSE ET RENTABLE**



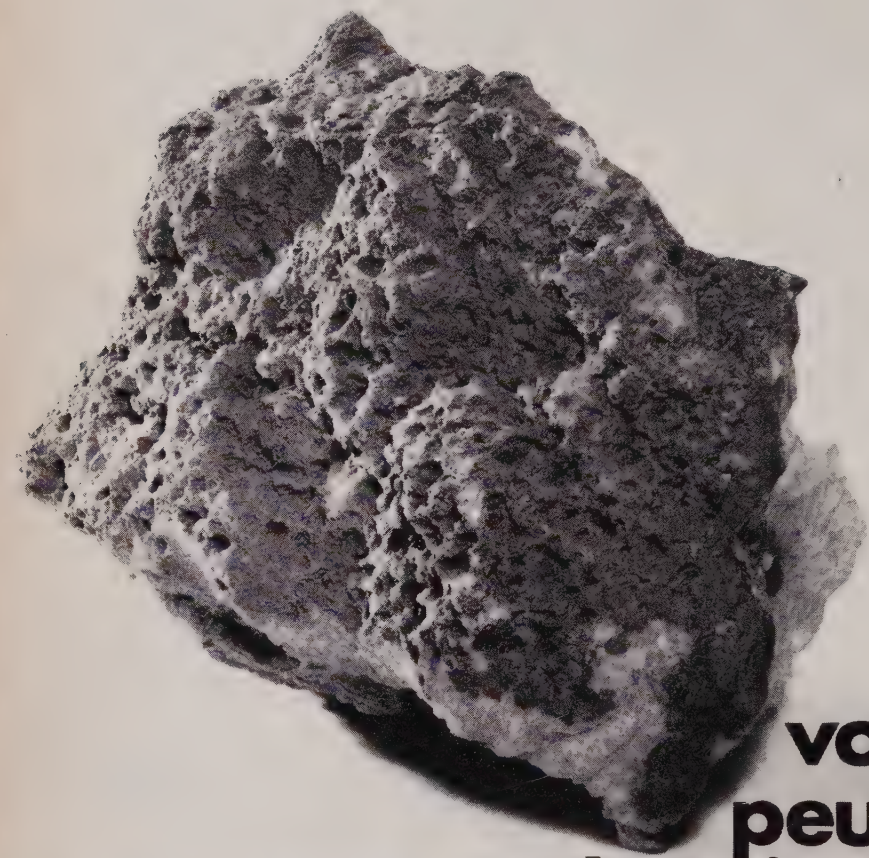
**TEKTRONIX**

Z. COURTAGEUR & F. L.  
(91) ORSAY TEL. 90-81-73

**14.634 HT** l'ensemble 7403 N/7A18/7B53N

Service : cerchez le n° 517

tous renseignements complémentaires, utilisez les cartes-réponse O.E. Service



# vous n'avez peut être pas de matériaux lunaires à analyser

Peu importe.

Il est vrai que nos analyseurs multicanaux travaillent, dans plusieurs laboratoires d'Europe, à l'étude des matériaux rapportés de la lune.

Mais ne croyez pas que cela nous empêche de résoudre, aussi, les problèmes plus terre-à-terre. Au contraire. Haute technicité, souplesse d'adaptation, expérience des problèmes complexes, tels sont les atouts qui nous permettent de vous offrir une gamme d'appareils toujours plus étendue : **analyseurs multicanaux, spectromètres à scintillation liquide, systèmes d'acquisition des données d'origine nucléaire pilotés par ordinateur.** Saviez-vous qu'INTERTECHNIQUE est le **premier fabricant mondial d'analyseurs multicanaux** (le 3<sup>e</sup> pour l'instrumentation nucléaire en général) ?

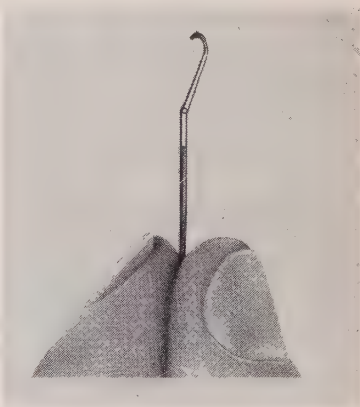
**INTERTECHNIQUE**

78 - PLAISIR - FRANCE Téléphone 460.33.00  
Adresse télégraph. et Télex INTERTEC 25942 F



**...cet animal  
vous est familier,  
il vous a  
présenté  
par courrier  
les connecteurs 8607 SOURIAU**

Les connecteurs 8607 SOURIAU utilisent des contacts découpés dont la zone élastique est à section variable. La fonction flexibilité se trouve ainsi répartie sur toute la longueur du contact. Réalisés en très grande série à l'aide de machines entièrement automatiques, ces connecteurs offrent : une garantie de qualité exceptionnelle, un niveau de prix très compétitif. Les connecteurs 8607 qui ont de multiples possibilités de fixation sont actuellement présentés en 3 versions double face :  
- de 2,54 mm, conforme à la norme CCTU 08 13 modèle HE 9,  
- de 3,81 mm, pour cartes d'épaisseur de 1,49 à 1,80 mm,  
- de 3,96 mm, pour cartes d'épaisseur de 1,46 à 1,84 mm. Les modes de raccordement sont à souder sur fils, à picots droits à souder sur carte, et connexion enroulée manuelle ou semi automatique en version standard ou miniature.



**SOURIAU ET C<sup>IE</sup>**

Siège social : 9, rue Galliéni - 92-BOULOGNE-BILLANCOURT - Tél : 603.96.23 - 604.20.00  
Usines : BOULOGNE-BILLANCOURT - LA FERTÉ-BERNARD - CHAMPAGNE-CLUSES

Agences : LYON, 231, av. Jean-Jaurès - Tél : 72.14.91 et 92 - TOULOUSE, 10, bd Griffoul-Dorval - Tél : 52.51.35  
SOURIAU ELECTRIC G.m.b.H. Erkrath-Unterbach près DUSSELDORF (All. Fédérale) - Tél : Sa-Nr. 10373  
SOURIAU ITALIANA S.p.A. MILAN (Italie) - Tél : 688.7407  
SOCIETE ELECTRIQUE BENELUX SOURIAU Bruxelles (Belgique) - Tél : (02) 41.64.54  
SOCIETE ELECTRIQUE BENELUX SOURIAU NEDERLAND Rotterdam (Pays-Bas) - Tél : (010) 13.25.64  
SOURIAU LECTROPON Ltd Windsor Berks (Grande-Bretagne) Tél : Windsor 69471  
Agents dans tous pays.

Service : cercelez le n° 525

Pour renseignements complémentaires, utilisez les cartes-réponse O.E. Service

# récepteurs et ratiomètres logarithmiques **HYPER-FRÉQUENCE**

**MICROTEL-CORPORATION**

## 2 nouveaux appareils de mesure :

### RÉCEPTEUR MOD 1700

pour la mesure de 30 MHz à 12,4 GHz  
de puissance jusqu'à 110 dBm  
d'atténuation jusqu'à 30 dB  
En option : mesure et comptage de la fréquence  
jusqu'à 100 GHz.

### RATIOMÈTRE

### LOGARITHMIQUE MOD 1006

Mesure d'atténuation jusqu'à 40 dB même avec  
une variation de la puissance incidente dans un  
rapport 20/1.  
Entrée signal après détection : bolomètre ou diode.  
Fréquence 1 KHz  
Bande passante : 20 ou 200 Hz



### AUTRES FABRICATIONS

#### WR 1200 :

Récepteur 10 MHz à 150 GHz pour tracé de  
diagramme d'antenne, mesure de T.O.S etc...

#### WR 550 :

Récepteur de surveillance 3 KHz à 100 GHz  
(recherche automatique)

#### I F 240 :

Récepteur MF, Entrée : 75 MHz; Sortie : 30 MHz  
sensibilité - 120 dBm; sortie quadratique (Bolomètre).

#### FC 50 :

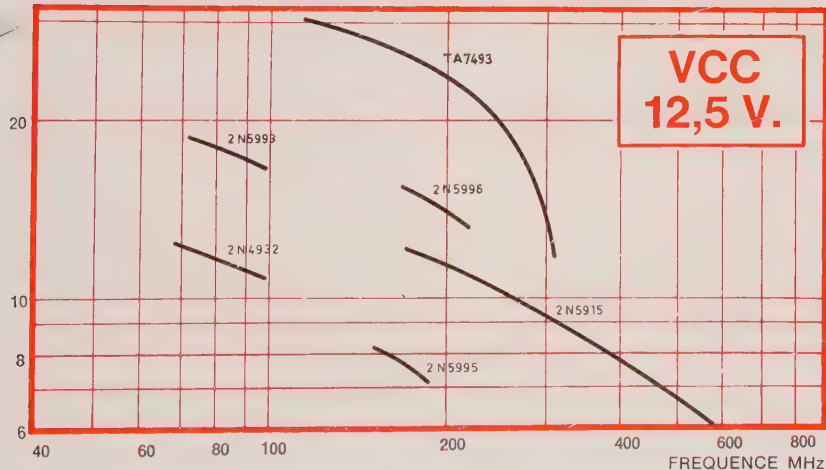
Fréquencemétrie; lecture directe jusqu'à 3 GHz  
(100 GHz avec WR 1200, WR 550 et Mod. 1700)



**RADIO TELEVISION FRANÇAISE**

73 Av. de Neuilly, 92-Neuilly. Tél. 722.70.40. Télex 65933

O.E. Service : cerclez le n° 526

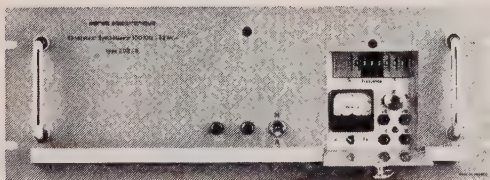
[illegible]

# Spécial Télécom!

un générateur synthétiseur  
100 kHz - 32 MHz  
résolution 1 Hz

- stabilité :  $5.10^{-9}/24$  h
- composantes non-harmoniques : - 70 dB
- programmable DCB 1-2-4-8
- asservissement extérieur en phase ou en fréquence
- sortie réglée :  $1,5 V_{eff}/50 \Omega$
- rack 19", 5 unités

c'est le **CS 203 S**  
**ADRET**



Le CS 203 S est spécialement étudié pour le pilotage d'émetteurs OL, OM, OC. Associé au programmeur 212 (8 voies), il facilite la télécommande automatique des liaisons hertziennes.

Si vous désirez des renseignements sur cet appareil et sur les autres fabrications d'Adret Electronique, utilisez le "service lecteurs". Vous recevrez :

- une notice CS 203 S
- un catalogue condensé.

LE SPÉCIALISTE EUROPÉEN  
DE L'INSTRUMENTATION  
NUMÉRIQUE PROGRAMMABLE

**adret**  
**ae**  
electronique

AV. KOMAROV — 78 TRAPPES — TEL. : 462.83.50

1089 Technipress - 735.95.04

Quartz  
Filtres à quartz  
Pilotes à quartz  
Enceintes thermostatées

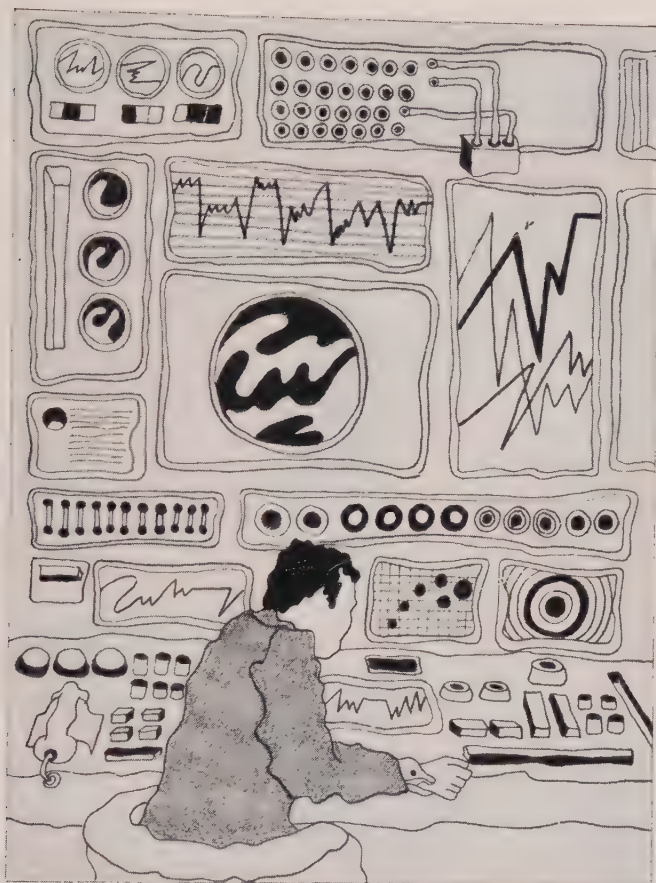
**C.E.P.E.**

COMPAGNIE D'ELECTRONIQUE  
ET PIEZO-ELECTRICITE

101, RUE DU Pdt. ROOSEVELT/78 SARTROUVILLE  
FRANCE/TEL. 962.30.25



THOMSON-CSF



**Ne essayez pas de vous adapter à votre ordinateur.  
Laissez le MULTI-8 s'adapter à votre problème.**

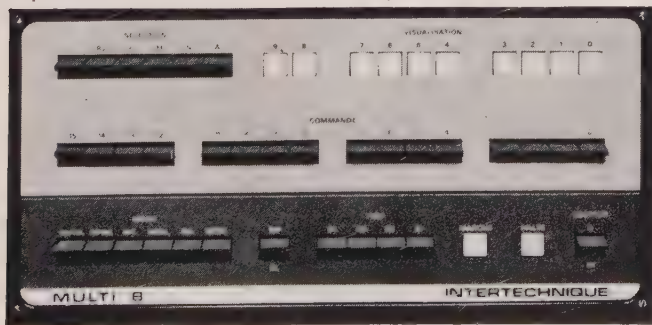
Le MULTI-8 n'est pas UN,  
il est MULTIPLE.  
Et c'est **vous-même** qui le  
structurez à votre gré pour  
répondre à votre besoin.

Vous échappez ainsi à l'alternative souvent insoluble :  
ou bien essayer de trouver  
un ordinateur qui traite votre  
problème - ou bien tenter

d'adapter ce problème à votre  
ordinateur.

Grâce à la microprogrammation, c'est **vous** qui définissez l'architecture interne de VOTRE MULTI-8, **votre** répertoire d'instructions, **vos** registres (jusqu'à 22), **votre** système d'entrées-sorties.

Pour faire connaissance  
avec le MULTI-8, venez le  
voir ou écrivez à :



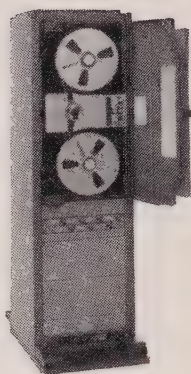
**INTERTECHNIQUE**  
78-PLAISIR - Tél. 460.33.00

# Il y a toujours un enregistreur analogique AMPEX pour répondre aux besoins des utilisateurs exigeants.

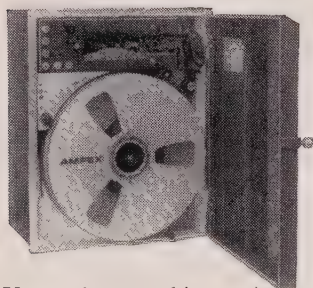
## En laboratoire – FR-2000

Dernier né d'une nouvelle génération d'enregistreurs magnétiques de laboratoire MULTISTANDARD, le FR-2000 couvre le spectre complet de fréquences du standard IRIG, en DIRECT et en FM, s'adaptant aux besoins présents et futurs de l'enregistrement magnétique analogique.

La cinématique, en "ZERO LOOP", composée d'un jeu de puits à dépressions et d'un mono cabestan à réponse très rapide, permet d'obtenir un N. T. E. minimum (NON – ORTHOGONAL TIMING ERROR = T. B. E. + ITDE) et fixe de nouvelles normes de pleurage et d'erreur de base de temps (T. B. E.).

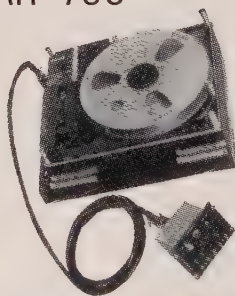


## En vol ou sur mer – AR-1700



Un enregistreur multicanaux à usages multiples, utilisable en large bande ou bande intermédiaire et conçu pour fonctionner dans des conditions d'environnement rigoureuses. Il utilise, pour une grande autonomie, des bobines coaxiales de 14 pouces de diamètre autorisant l'enregistrement simultané jusqu'à 28 voies à six vitesses commutables électriquement de 3-3/4 à 120 pps, à pilotage électronique de cabestan.

## AR-700



Enregistreur compact, léger, fonctionne en large bande ou bande intermédiaire dans des conditions d'environnement sévères, là où un maximum de bonnes performances est demandé.

Équipé de bobines de 12-1/2 pouces permettant l'enregistrement jusqu'à 28 voies avec six vitesses commutables électriquement, à pilotage électronique de cabestan.

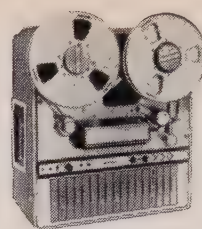
## AR-500/550A



Équipés de têtes rotatives, ces enregistreurs compacts à performances élevées (6 MHz) sont conçus pour l'avionique et peuvent être montés sur véhicules. Ils sont contenus dans deux boîtiers séparés et identiques.

Largeur : 58,8 cm – Hauteur : 35,6 cm – Profondeur : 40,6 cm.  
AR-500A : modèle monocanal  
AR-550A : modèle bi-canal  
Poids approximatif : 52 Kg.

## Partout ailleurs – PR-500



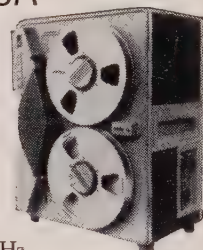
Le plus récent des enregistreurs magnétiques portables ou montables en baie de 19 pouces.

Il réunit une cinématique à pilotage électronique du cabestan sur 6 vitesses, avec une électronique modulaire enfichable ES-100.

Poids : 36 Kg

Encombrement : 57,2 x 50,2 x 34,3 cm.

## FR-1300A



Dérivé du FR-1300, le FR-1300A

permet grâce à ses nouvelles électroniques

(300 KHz en DIRECT, 40 KHz

en FM) à commutation

électrique, en monocommande avec les 6 vitesses de défilement de la bande magnétique, l'enregistrement et la

lecture de 14 voies simultanées, le tout réuni dans un ensemble compact avec un cabestan piloté électroniquement de deux manières différentes :

- grâce au dispositif tachymétrique fixé sur l'arbre d'entraînement,
- grâce à un signal de référence lu sur la bande magnétique.

Pour tous renseignements complémentaires, veuillez retourner le coupon à : Société AMPEX, 14, Avenue Pierre-Grenier (92) BOULOGNE. Tél : 603-46-51.

### AMPEX

J'aimerais recevoir une documentation sur :

- ☐ enregistreurs analogiques de laboratoire
- ☐ enregistreurs analogiques portables
- ☐ enregistreurs analogiques embarquables
- ☐ bandes magnétiques

Nom .....

Société .....

Service .....

Adresse .....

Téléphone .....

semi-conducteurs et composants "état solide"

# HYPER-FREQUENCES

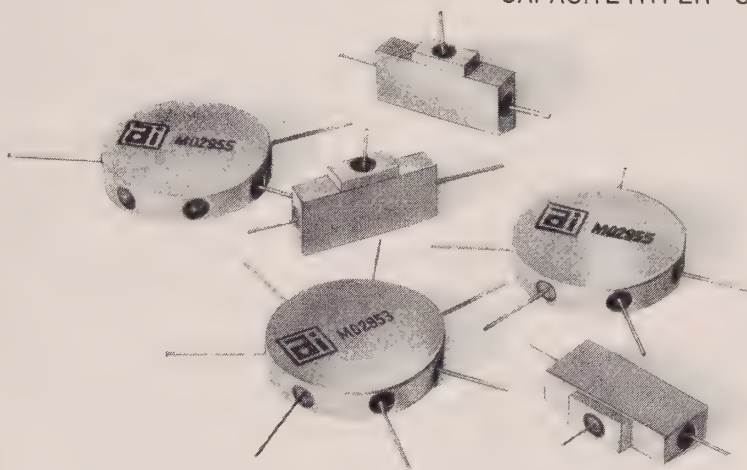
## alpha industries

### semi-conducteurs

DIODES GUNN Bande X et KU jusqu'à 2 00 mW  
VARICAPS - "Q" jusqu'à 2000  
DIODES "STEP-RECOVERY" (multiplication à rang élevé)  
DIODES SCHOTTKY pour commutation - tension inverse 30 volts  
DIODES AVALANCHES jusqu'à 40 GHz 1 watt en bande X.

### AUTRES FABRICATIONS

VARACTORS au SILICIUM  
DIODES PIN  
DIODES LIMITEUSES  
DIODES DE BRUIT  
DIODES SCHOTTKY jusqu'à 40 GHz  
DIODES à pointe au silicium  
DIODES Beam-lead - PIN et SCHOTTKY  
CAPACITE HYPER - CHIP et beam-lead.

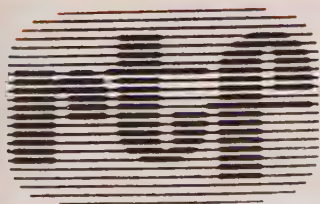


Modules de commutation jusqu'à six sorties.

### composants "état solide"

Modules de commutation - une entrée, jusqu'à six sorties  
- faible perte d'insertion  
- atténuation inverse élevée  
- commutation rapide.  
MODULES MELANGEURS - détecteur à large bande, 2 - 12,4 GHz.

MÉLANGEURS intégrés de la bande C à la bande KU  
OSCILLATEURS à diode à avalanche, version guide et coaxiale jusqu'à 500 mW  
AMPLIFICATEURS à diode avalanche  
DOUBLEURS ET TRIPLEURS de fréquence, à partir de la bande X.



**RADIO TELEVISION FRANÇAISE**

73 Av. de Neuilly, 92-Neuilly. Tél. 722.70.40. Télex 65933

Service : cercelez le n° 532

Pour renseignements complémentaires, utilisez les cartes-réponse O.E. Service

**Salies**

## GENERAL MICROWAVE

**Oui Mesurer des  
puissances H F  
avec précision**

( $\pm 0,10$  dB)

Manuel ou Automatique

Milliwattmètre digital  
à thermocouple  
10 MHz - 40 GHz

Puissance :  
10 nanowatts à 3 Watts  
(- 40 à + 35 dbm)



**nouveau**

- Zéro Automatique
- Sélection Automatique des échelles
- Programmable
- Sortie BCD 1-2-4-8
- Réponse : Normale/Rapide

**SALIES S.A.**

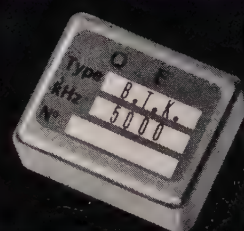
65-67, Av. Jean-Jaurès - 91-Palaiseau - 920.40.10

O.E. Service : cerclez le n° 533

**QE**

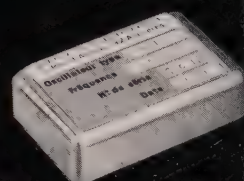
votre garan  
de précision  
et de stabilit

**bases  
de temps**



échelle 1

boîtier



échelle 1/2

boîtier

Ces bases de temps sont utilisées dans tous les cas où il est nécessaire d'avoir une référence de temps sous la forme d'un signal électrique.

**fréquence**

de 1 Hz à 10 MHz

**sortie**

signaux carrés niveaux  
compatibles à la logique T.T.L.

**alimentation**

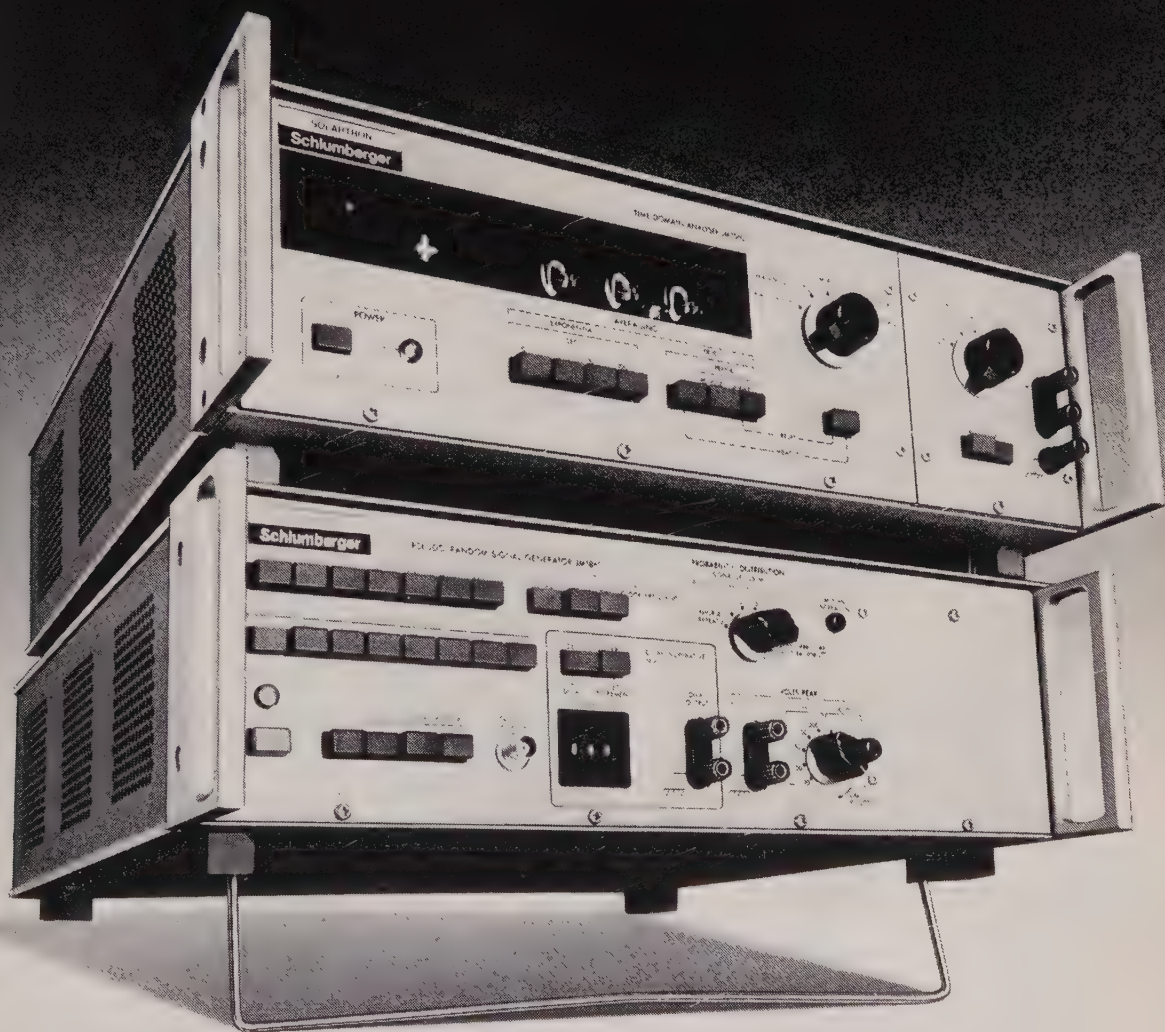
+ 5 V

**QUARTZ QE et ELECTRONIC**

1, Rue d'Anjou - 92 Asnières - Tél. 79

O.E. Service : cerclez le n° 534

# Du continu à 10 kHz le JM 1860 maîtrise même l'aléatoire.



Connaître la valeur  
moyenne de la vitesse du vent,  
24 h par exemple, mesurer les  
valeurs moyennes et efficaces de  
signaux aléatoires dont le spectre  
de fréquence s'étend du continu  
à 10 kHz, c'est aujourd'hui très  
facile avec le JM 1860, le  
nouveau voltmètre corrélateur  
Schlumberger.

Pour calculer la valeur  
moyenne le JM 1860 utilise soit  
le mode « exponentiel » soit le  
mode « temps réel ».

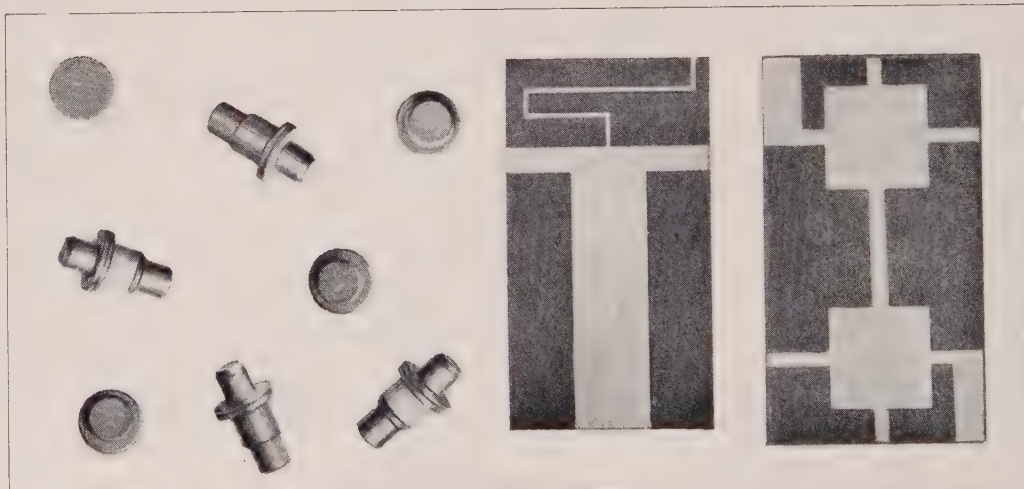
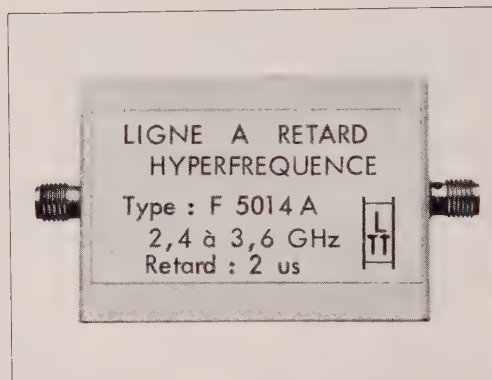
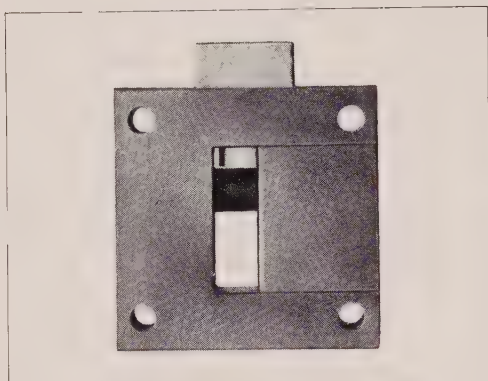
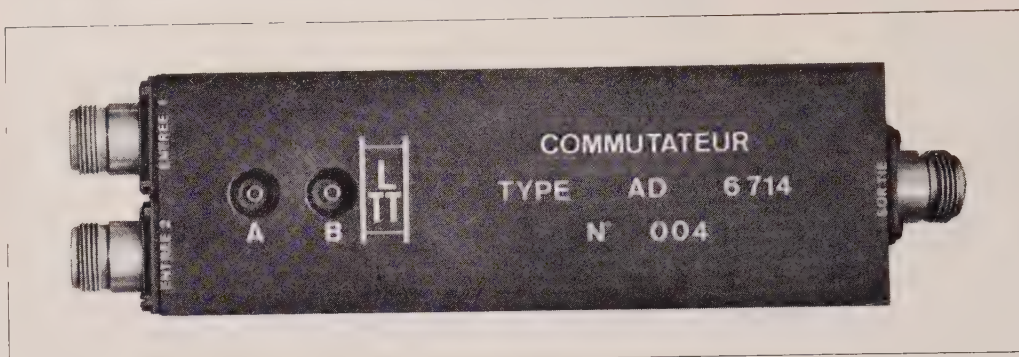
Associé au générateur de  
signaux pseudo-aléatoires  
JM 1861, il permet l'analyse de  
la réponse impulsionnelle de  
systèmes, ainsi que toute  
expérimentation qui fait appel

à des stimuli aléatoires.

Le JM 1860 maîtrise  
parfaitement la mesure des tensions  
continues, périodiques et aléatoires.

**Schlumberger**

# composants hyperfréquence



Circuits hyperfréquence à ferrite  
Circuits intégrés et microélectronique  
Amplificateurs hyperfréquence  
à transistors

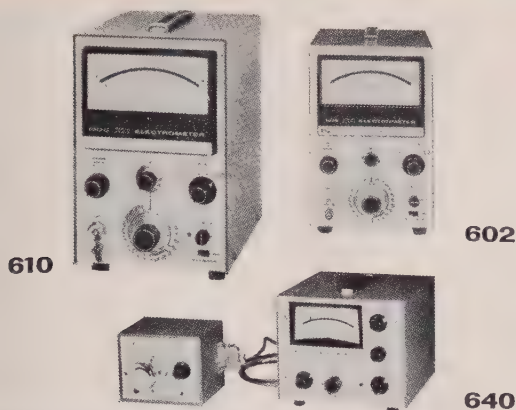
Mélangeurs à diodes Schottky  
Antennes et réflecteurs de Luneberg  
Lignes à retard hyperfréquence



**lignes télégraphiques et téléphoniques s.a.**  
89, rue de la Faisanderie Paris 16<sup>e</sup> tél. : 870.45.50  
télex 62356 Gralifil Paris

# K.

## KEITHLEY INSTRUMENTS



### KEITHLEY vous offre le CHOIX

entre deux types d'Electromètres  
suivant votre budget et vos problèmes

#### MODÈLE 640

à capacité vibrante et tête extérieure  
sensibilité : 30nV pleine échelle  
résistance entrée :  $>10^{16}$  ohms  
résolution : 2nV et  $10^{-17}$  Amp.  
stabilité : mieux que 20nV par jour  
temps de réponse : 10 mS à partir  
de 1 mV

#### MODÈLES 610 et 602

entrée sur MOS-FET  
résistance entrée :  $10^{14}$  ohms  
sensibilité : 1 mV pleine échelle  
charge :  $10^{-7}$  à  $10^{-12}$  coulombs pl. échelle  
résistance : jusqu'à  $10^{16}$  ohms  
stabilité : meilleure que 1 mV par jour  
alimentation : secteur  
(secteur batterie pour le modèle 602)

Pour plus d'information, nous contacter...

Nom \_\_\_\_\_  
Adresse \_\_\_\_\_

MESURES  
REA

## ANTARES

9, RUE ERNEST COGNACQ - 92-LEVALLOIS-PERRET - TÉL. 737.54.80 et 270.87.01

Service : cerclez le n° 537

## BOONTON ELECTRONICS CORPORATION

Unique... lectures en DBM et MV  
MILLIVOLTMETRE DIGITAL HF  
**92 AD**



■ Précision - 1% de la lecture + 1% de la pleine échelle ■ Mesures de 200  $\mu$ V à 3 V. de 10 kHz à 1,2 GHz (300 V - 700 MHz avec diviseur) ■ 3 digits +1 ■ Sortie BCD ■ Gamme et fonctions programmables ■ Sortie continue ■ Mesures efficaces vraies jusqu'à 30 mV (3 V - 700 MHz avec diviseur)

#### OPTIONS :

- Lecture digitale DBM
- Changement de gamme automatique
- Programmable par niveau logique

disponible  
aussi en version  
analogique



Pour plus d'information, nous contacter...

Nom \_\_\_\_\_  
Adresse \_\_\_\_\_

MESURES



REA

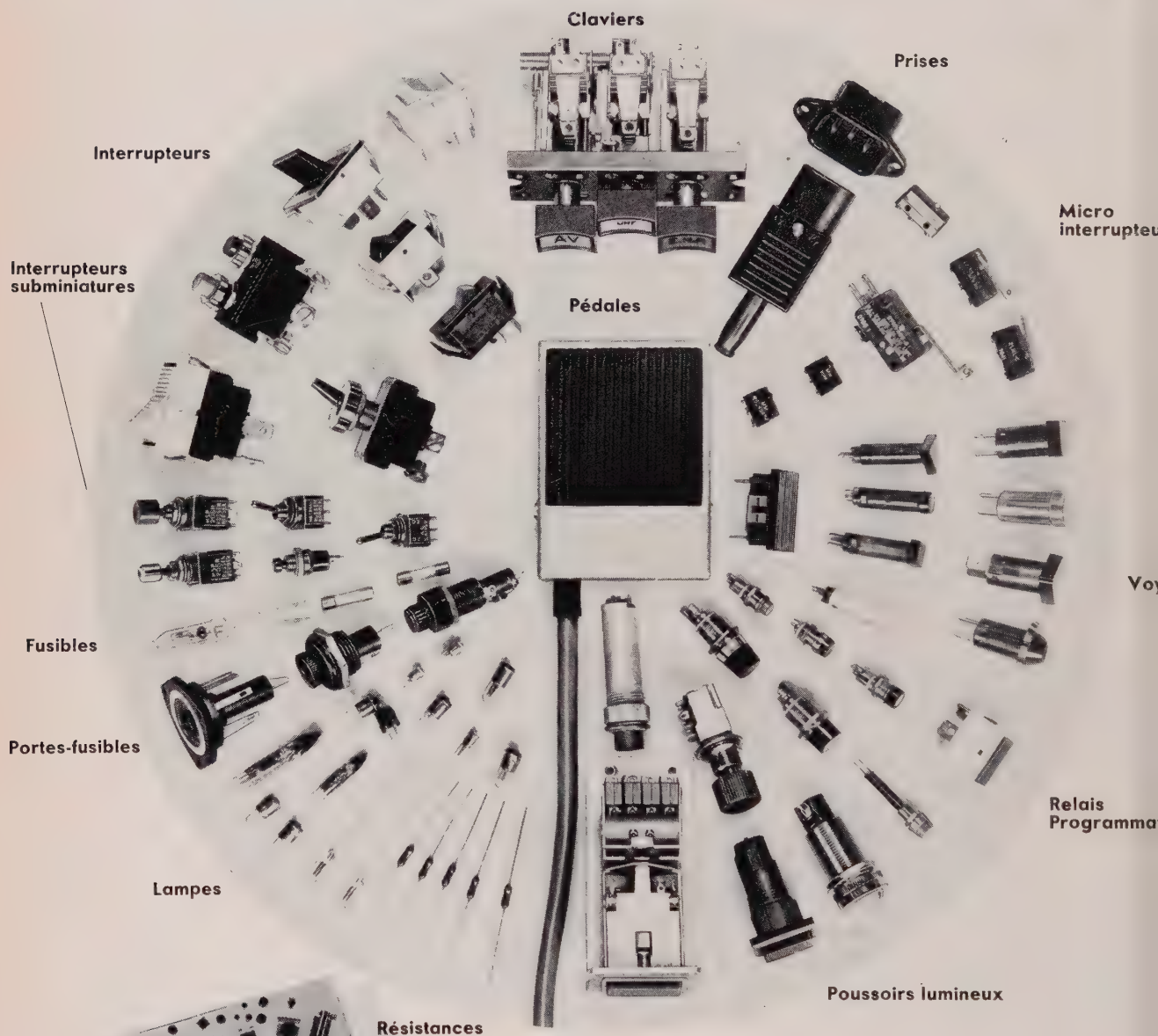
## ANTARES

9, RUE ERNEST COGNACQ - 92-LEVALLOIS-PERRET - TÉL. 737.54.80 et 270.87.01

O.E. Service : cerclez le n° 538

# russeberger

Le spécialiste de l'équipement pour appareils électroménager-électronique-électromécanique



← Avez-vous le dernier catalogue Russeberger ?

Bon à découper et à envoyer à Russeberger, 34 rue de Paradis-Paris 10<sup>ème</sup> pour recevoir le catalogue 370

Nom .....

Société ..... Service .....

Branche d'activité .....

Adresse ..... Ville .....

Je suis particulièrement intéressé par les appareils suivants :

O.E. Service : cercele le n° 539

# Compact, souple et complet. Un appareil d'avenir.

**Le nouveau contrôleur de circuits  
intégrés logiques programmable  
permet des tests plus rapides et  
plus faciles.**

Le PM 6522/23 Philips est un investissement qui vous offre une double assurance : Contrôle fonctionnel et sûr de la table de vérité et des paramètres statiques des circuits intégrés logiques jusqu'à 16 broches. Alimentations prévues pour le contrôle des composants actuels et futurs. Les paramètres de fonctionnement, le circuit de charge et le cycle de mesure sont programmés par un ensemble de matrices à cartes. La programmation est facilitée par l'emploi de cartes perforées qui indiquent le positionnement des fiches.

Une programmation par cartes imprimées est également disponible.

Les états des entrées et sorties ainsi que les différences entre le composant à contrôler et un composant pilote sont indiqués par voyants lumineux.

La possibilité d'essai parallèle diminue considérablement le temps de contrôle.

Un voltmètre numérique incorporé permet le contrôle des tensions programmées.

A vitesse de mesure élevée, le résultat des mesures est indiqué par voyants lumineux bon/mauvais. A vitesse de mesure réduite, le voltmètre affiche la différence (en %) entre le paramètre mesure et la référence programmée. On peut mesurer ainsi les courants d'entrée, les courants de sortie en court-circuit, les courants des alimentations et les tensions de sortie. Et une

sortie BCD permet l'enregistrement de la mesure sur imprimante.

Enfin le PM 6522/23 offre une gamme de tensions d'alimentations (jusqu'à 40 V) permettant de répondre aux besoins des contrôles actuels et futurs.

Tout renseignement complémentaire auprès de :

**PHILIPS INDUSTRIE**  
Département Instrumentation Electronique  
105, rue de Paris, — 93-BOBIGNY  
Tel.: 845-28-55 et 27-09  
SA PHILIPS INDUSTRIELLE  
ET COMMERCIALE



APPAREILS DE MESURE ET DE CONTRÔLE



# PHILIPS

# Elaborés mais simples

A notre avis, la plupart des travaux de recherche et de développement sont suffisamment complexes en soi sans que les instruments de contrôle ne viennent encore compliquer les choses.

Voilà pourquoi nous incorporons des éléments destinés à apporter aux mesures une précision et une flexibilité plus grandes et nous éliminons toute complexité du panneau de commandes.

Le résultat: des oscilloscopes élaborés, faciles à manipuler.

Par exemple, tous les oscilloscopes Philips ont un circuit d'élimination de dérive du niveau continu, unique en son genre. Sans dérive à corriger, il y a moins de boutons à manipuler. Ce qui permet

d'augmenter considérablement les sensibilités. (Regardez un peu autour de vous. Qui d'autre peut vous offrir 1mV à 150 MHz?)

Le PM 3250 à 50 MHz illustré ci-dessous, affiche simultanément le signal différentiel A-B en même temps que le signal d'origine sur la voie B (cet élément très pratique est également une exclusivité). Et la gamme de positionnement vertical sur 20 fois la hauteur d'écran offre la possibilité d'agrandir les signaux et de les étudier avec un maximum de détails.

Même l'échantillonnage est rendu simple grâce à l'incorporation de deux lignes à retard permettant d'assurer un déclenchement

interne correct, et à l'élimination du scintillement par l'association du nombre d'échantillons progressivement variable de la persistance d'un luminophore spécial.

De tels éléments rendent les mesures plus précises, plus flexibles et surtout beaucoup plus pratiques. Tâchez de mettre la main sur l'un de ces instruments: vous constaterez la différence.

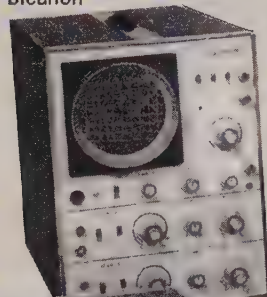
Pour une démonstration pratique ou des détails sur les spécifications de ces instruments, écrivez à:

**PHILIPS INDUSTRIE**  
Département Instrumentation Electronique  
105, rue de Paris, 93-BOBIGNY  
Tél 845 28-55 ou 845 27-09  
S.A. PHILIPS INDUSTRIELLE ET COMMERCIALE

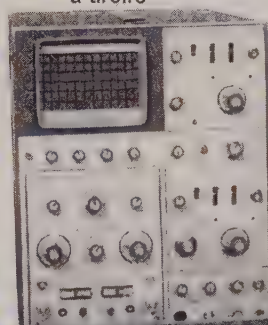


APPAREILS DE MESURE ET DE CONTRÔLE

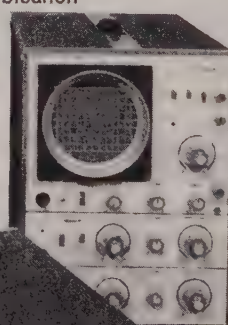
PM 3230  
10 MHz: 20mV  
bicanon



PM 3370  
150 MHz: 1mV  
à tiroirs



PM 3231  
15 MHz: 10mV  
bicanon



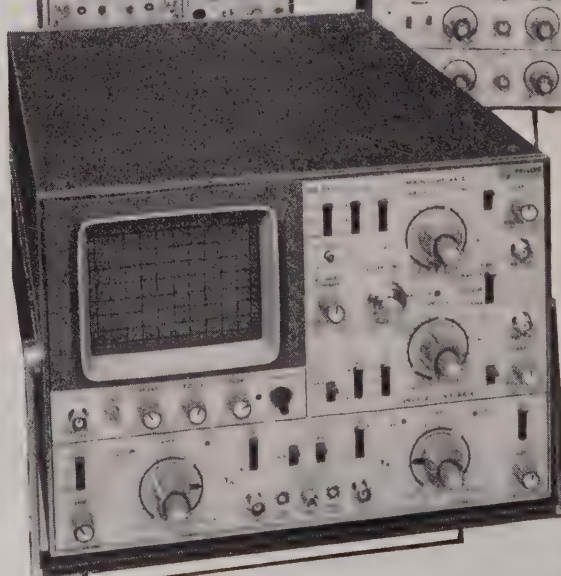
PM 3400  
1.7 GHz: 1mV  
double-trace



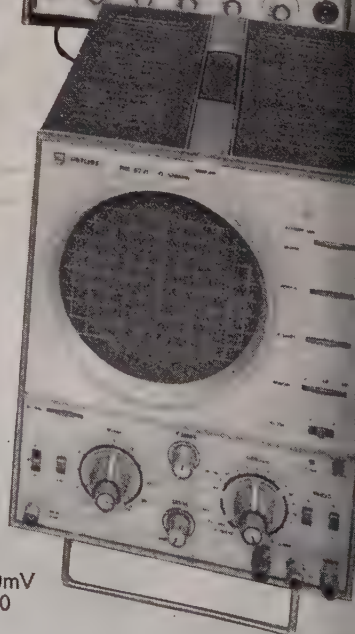
PM 3200  
10 MHz: 2mV  
autonome/secteur



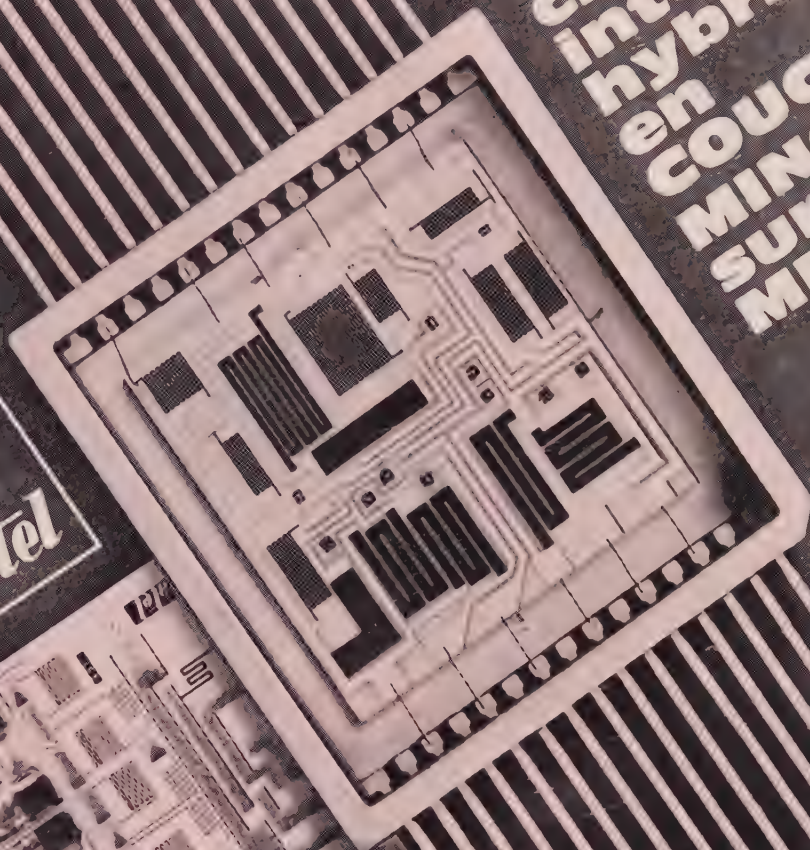
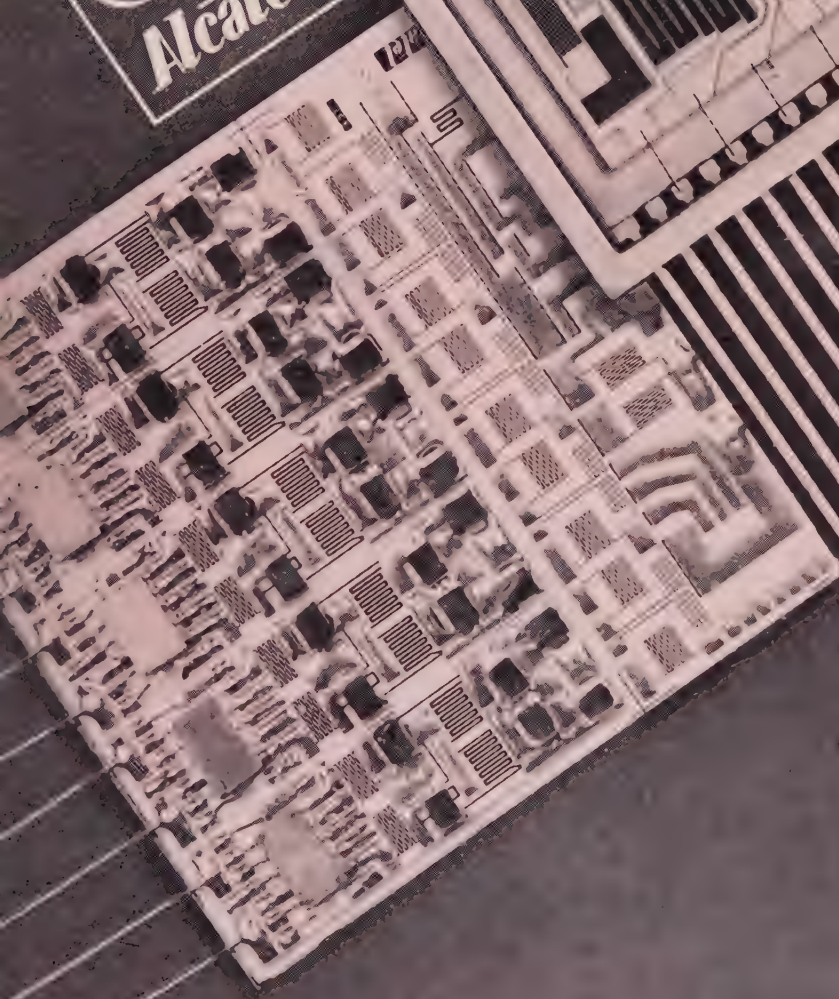
PM 3250  
50 MHz: 2mV  
double-trace



PM 3221  
10 MHz: 10mV  
écran de 130



**circuits  
intégrés  
hybrides  
en COUCHES  
MINCES  
SUR  
MESURE.**



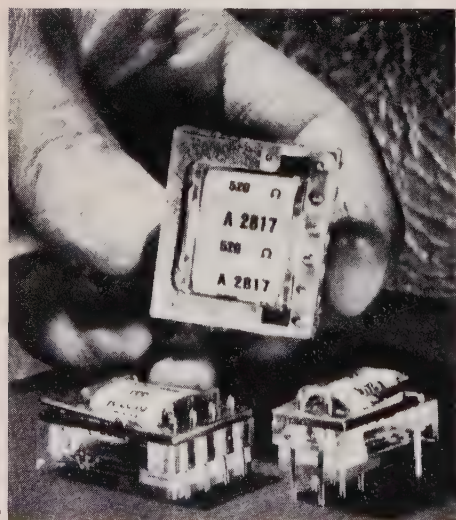
MICROCIRCUITS

33 RUE EMERIAU PARIS 15° TEL. 577 10 10

# Spécialistes en composants certes... mais voisins également !

Le Groupe Européen des Composants ITT est une organisation multinationale, possédant des associations locales puissantes : 56 usines à travers l'Europe de l'Ouest, 4 des laboratoires de recherche les mieux équipés et dirigés du monde, et 38 bureaux de vente principaux, y compris un bureau d'entretien pour l'Europe de l'Est. Nous sommes importants, mais jamais éloignés ; vous trouverez toujours notre conseiller et nos installations d'entretien à votre porte. Nos connaissances des conditions locales de marchés

nous permettent de répondre pratiquement à n'importe laquelle de vos questions dans le domaine des composants. Nous possédons une vaste gamme de composants pour répondre aux besoins de l'industrie, et sommes le plus grand fabricant et fournisseur européen de composants électroniques professionnels, produisant en grande quantité tous les articles, du simple condensateur électrolytique aux klystrons massifs. L'abondance des idées, des problèmes et des découvertes de l'ensemble des ressources d'ITT font de nous, tant localement qu'à l'échelle internationale, un groupe de Sociétés qui se détache de tous les autres dans le domaine des composants électroniques.



## Quelques exemples parmi la vaste gamme des composants ITT

Relais miniatures modèle PZ, extra plats pour montage compact sur circuits imprimés. Ces relais peuvent être obtenus avec 2 - 4 ou 6 contacts jumeaux, pour commuter 1A ; possibilité de commuter également les très faibles courants.

Pour recevoir une documentation, écrire, téléphoner ou adresser un télex à : Société des Produits Industriels ITT s.a. Département Composants MTI 2, avenue des Sablons Bouillants 77-MEAUX - Télex : 69869 Tél. 434-16-71 et 29-33

COMPOSANTS **ITT**

F-71-A5

O.E. Service : cercelez le n° 543

# « Detegere »

ou

# La détection

M.H. CARPENTIER

Thomson-CSF (Division radars de surface)

## Résumé

On trouve le besoin de détecter un peu partout. La détection peut être passive ou active. Lorsqu'elle est active, la cible à détecter peut être, ou non, coopérative et l'action peut consister soit à utiliser un révélateur, soit à conférer à la cible à détecter une propriété spécifique. L'article analyse tous ces aspects de la détection et, en dépit des différences importantes entre les détecteurs, en montre les nombreux points communs. Le rapide survol de l'évolution récente de la détection est fait en fin d'article.

Le texte qui suit donnera peut-être au lecteur l'impression d'être parfois un peu plaisantin. L'auteur est pourtant convaincu que les exposés les plus sérieux peuvent être présentés avec un peu d'humour, ne serait-ce que pour éviter d'être utilisés en tant que somnifères, ceci d'autant plus que le sujet traité est plus aride.

## Définition

Étymologiquement, la détection c'est l'acte de découvrir (du latin *detegere* qui veut précisément « découvrir »). C'est, en fait, devenu — le plus souvent — l'action volontaire qui permet de repérer l'existence de quelque chose (homme, animal, chose concrète ou abstraite) et ceci dans un contexte difficile.

Ainsi parlera-t-on de détecter le mensonge, c'est-à-dire de reconnaître, parmi les propositions vraisemblables formulées, la (ou les) propositions fausse(s), en utilisant par exemple le fait que le comportement du menteur diffère de celui du non-menteur.

Ainsi parlera-t-on de détecter une mine, soit parce qu'elle est métallique dans un milieu non métallique (détection magnétique), soit parce qu'elle représente un objet plus dur que le milieu environnant (recherche acoustique ou détection — à la baïonnette).

Il est bien certain que, le plus souvent (pour ne pas dire toujours), la détection ne va pas sans une localisation plus ou moins complète, dans le temps, dans l'espace, dans le domaine des vitesses, des fréquences, etc.

C'est ainsi que le radar ne peut se contenter de détecter sans indiquer la zone de détection (d'où le vocable, d'ailleurs restrictif, de « radiodétection AND RANGING »).

## 2. Détection passive et active

Pour détecter, il faut reconnaître, c'est-à-dire qu'il faut rechercher l'objet en s'appuyant sur le fait qu'il a des qualités spécifiques.

Deux cas de figures sont possibles, selon que

- les propriétés spécifiques existent naturellement sur l'objet à détecter (détection passive),
- les propriétés spécifiques ont été conférées par le détecteur à l'objet à détecter (détection active).

Il est bon de citer un certain nombre d'exemples pour montrer la variété des propriétés spécifiques utilisables.

### 2.1. Détection passive

La presse américaine fait état d'un procédé de détection des « rebelles » vietnamiens dans lequel l'odeur particulière de ceux-ci constituerait la qualité spécifique permettant la détection.

L'appareil de détection utiliserait comme capteur une puce asiatique particulière qui, reconnaissant l'odeur, se met à trépigner sur un quartz piézo-électrique fournissant un signal électrique. Le signal électrique après filtrage (tenant compte sans doute de la forme particulière du « trépignage » de ladite puce asiatique), donne *in fine* le signal de reconnaissance.

• Pour rester quelques instants dans le domaine du macabre, on peut rappeler l'existence — dans

l'histoire ancienne <sup>(1)</sup> — des goûteurs qui détectaient le poison contenu dans la nourriture de leur employeur, par la simple propriété qu'a le poison de rendre malade, sinon très malade, la personne qui l'avait ingurgité.

- La détection des brouilleurs, la localisation des sous-marins à partir de leurs émissions radio ou radar, la détection des missiles ou des avions par des têtes infrarouges, fournissent d'autres exemples bien connus de détection passive.

- La détection des bombes atomiques et la localisation rapide des explosions fournit un exemple instructif de détection passive, en ce sens que nombreuses sont les propriétés d'une explosion nucléaire, mais que, dans la mesure où on veut détecter vite et sûrement, mesurer la puissance et la nature de la bombe, il faut trier les propriétés spécifiques (ondes de choc, onde thermique, rayonnement de particules, impulsion électromagnétique <sup>(2)</sup>, etc.) et les exploiter de façon intelligente et complète.

- La reconnaissance au téléphone de la voix d'un ami est un autre exemple de détection passive, extraordinairement efficace. Le capteur est l'appareil merveilleux que constitue l'oreille, l'ensemble filtrage et traitement du signal est fait qu niveau du cerveau, suivant un processus très complexe de « reconnaissance des formes », que personne sans doute n'a encore réussi à reproduire artificiellement.

- Plus simplement la reconnaissance d'une aiguille dans un tas de foin pourra être une détection passive utilisant le fait que le matériau constituant l'aiguille est magnétique (cela n'est plus toujours vrai maintenant, au grand dam des couturières), mais pourra utiliser dans une détection manuelle, toujours passive, le fait que l'aiguille pique (cf. détection des mines citée au paragraphe 1).

- La détection des fauves est très souvent une détection passive, qui utilise l'appétit spécifique des fauves pour les chèvres.

## 2.2. Détection active

On peut classer les procédés de détection active de deux façons différentes :

La première consiste à séparer entre détection coopérative et détection non coopérative, selon que l'objet à détecter aide volontairement le détecteur ou ne l'aide pas.

La deuxième consiste à séparer entre procédés de détection active :

- où l'on utilise un révélateur c'est-à-dire où la propriété spécifique naturelle est *mise en évidence* par une action du système de détection,

- et ceux où l'on confère à l'objet à détecter une propriété qu'il n'a pas naturellement, pour permettre la détection.

Il n'est d'ailleurs pas toujours aisé de séparer entre les deux dernières familles de procédés de détection active.

Quelques exemples permettent de préciser ces points :

- La détection par radar d'un missile ami équipé d'un répondeur constitue une détection active d'un objet coopératif à qui on a conféré une propriété qu'il n'a pas (suffisamment au moins) naturellement.

- La détection par un « traqueur » infrarouge d'un missile ami peut être grandement facilitée par l'installation sur le missile d'un brûleur spécial (dit « traceur infrarouge ») qui émet une lumière dans une zone préférentielle de longueurs d'onde et constitue une source assez ponctuelle bien définie et positionnée par rapport à l'engin (au contraire de son rayonnement naturel infrarouge). Il s'agit là d'une détection coopérative où l'on a, également, conféré à l'objet à détecter une propriété qu'il n'a pas naturellement.

- La radiographie du système urinaire ressort plutôt de l'utilisation d'un révélateur (à base d'iode injecté dans la circulation sanguine par piqûre intraveineuse et permettant, par exemple, de localiser un étranglement de l'uretère. Il s'agit pourtant d'une détection active et coopérative <sup>(3)</sup> puisqu'on éclaircit le patient par un rayonnement X. La localisation des fissures dans un métal, la mise en évidence des perturbations d'un champ magnétique (avec de la limaille de fer) utilisent également parfois un révélateur.

- S'apparente à ces procédés la vulgaire détection d'une fuite dans une chambre à air, le révélateur étant l'air qu'on a introduit sous pression dans la chambre à air, le capteur étant constitué par la cuvette d'eau dans laquelle on plonge la chambre à air.

- De même en est-il d'une certaine façon pour la détection (plus ou moins coopérative) du mensonge obtenue par l'injection intraveineuse d'une dose de penthotal, ou encore pour la recherche (dangereuse) d'une fuite de gaz à l'aide d'une allumette enflammée.

- Il en va, par contre, tout à fait différemment de la détection active d'un avion non coopératif au moyen d'un radar dont l'émetteur confère à l'avion à détecter (et ceci à son corps défendant) la propriété de rayonner un signal, de fréquence et format bien définis.

## 3. Probabilités de fausse alarme et de détection

Ainsi donc apparaît-il que le problème de la détection est simultanément :

- celui de trouver la propriété spécifique, naturelle ou artificielle, suffisamment caractéristique de l'objet cible pour permettre de l'identifier,

- et celui de trouver le capteur-filtreur (on dira le détecteur) correspondant.

<sup>(1)</sup> Au moins telle qu'elle est rapportée par Goscinni dans ce best-seller récent, intitulé : *Astérix et Cléopâtre*.

<sup>(2)</sup> Celle qu'on appelle EMP (electromagnetic pulse).

<sup>(3)</sup> Au moins lors de la première radio. Pour les suivantes, le patient est souvent de moins en moins coopératif.

Il ne sert à rien de savoir que le poison contenu dans le gâteau de la reine Cléopâtre a comme propriété spécifique de rendre malade la personne qui le mange, si on ne trouve pas de candidat-goûteur. Tout problème de détection consiste à trouver à la fois la propriété spécifique caractéristique de la cible (à laquelle on saura lui conférer) et à trouver le système qui permettra de la reconnaître.

De façon plus précise, il faut d'une part

a) que l'on soit sûr que la cible à détecter possède cette propriété avec un degré suffisant ou plutôt que la probabilité qu'elle la possède soit suffisamment grande.

b) que dans l'environnement, seule la (ou les) cible(s) cherchée(s) possède(nt) à degré élevé cette propriété, de façon à ne pas tromper Pierre pour Paul, ou plutôt de façon à se tromper rarement, ou encore de façon à donner rarement une fausse alarme (probabilité faible de fausse alarme).

Mais il faut d'autre part :

a) que le détecteur soit suffisamment sensible à cette propriété (capteur).

b) que le détecteur puisse la reconnaître parmi les propriétés semblables (filtrage).

Reprenant l'exemple de la détection du rebelle vietnamien par la puce asiatique, on peut remarquer

— d'une part :

a) qu'il n'est pas sûr que tous les rebelles présentent l'odeur caractéristique (on peut imaginer que s'ils utilisent un savon et/ou des vêtements américains, ils perdront cette propriété caractéristique).

b) qu'il n'est pas sûr que les soldats américains appartenant aux troupes « gouvernementales » du Sud-Vietnam n'aient jamais cette odeur, qui est sans doute contagieuse).

— d'autre part :

a) qu'il n'est pas impossible que la puce soit enrhumée » (ou que plus généralement son système actif soit perturbé), ou fatiguée de danser pour rien.

b) qu'il n'est pas sûr que certaines plantes (dans le voisinage) n'émettent pas une odeur qui excite la puce comme le fait en principe le rebelle vietnamien. On sait que l'orchidée présente pour la guêpe mâle exactement la même odeur que la guêpe femelle, au point de leurrer complètement cet insecte dans son comportement amoureux.)

Dans un domaine considéré comme plus technique, dans la détection d'un missile équipé d'un traceur infrarouge, on constate :

— d'une part :

a) que le traceur peut ne pas s'allumer, ou que sa lumière peut être cachée par la fumée du propulseur, ou encore que l'atmosphère entre le missile et le détecteur peut atténuer de façon gênante les infrarouges émis par le traceur.

b) qu'il existe dans l'espace beaucoup d'autres sources puissantes de rayonnements infrarouges,

— d'autre part :

a) que les diodes détectrices du capteur peuvent ne pas avoir une sensibilité suffisante,

b) que le bruit parasite au niveau de la diode détectrice et de l'électronique qui suit peut fournir des fausses alarmes.

On a donc, dans un certain contexte (nature et distance du missile, nature du propulseur, constitution de l'atmosphère, etc.), une probabilité de détection inférieure à 1 et une probabilité de fausse alarme non nulle. On pourra d'ailleurs chercher (et c'est ce que l'on fait) à diminuer drastiquement <sup>(4)</sup> la fausse alarme sans modifier sensiblement la probabilité de détection, en tenant compte de ce que le traceur est une cible ponctuelle, alors que les autres sources infrarouges du voisinage (plus ou moins immédiat, y compris le soleil) ont des dimensions importantes, et ce au moyen d'un filtrage qui exploite au maximum cette différence de propriété physique entre la cible utile et les cibles parasites.

Et tout cela peut se généraliser : aussi, dans tout équipement de détection sera-t-on conduit à définir la qualité de détection par le couple :

— probabilité de fausse alarme

— et probabilité de détection,

(ainsi que, le plus souvent, par la qualité de la localisation).

On vient de voir un exemple dans lequel, finalement, deux propriétés de la cible sont utilisées simultanément pour diminuer la probabilité de fausse alarme : l'émission infrarouge suffisante dans une certaine bande de longueurs d'onde et des dimensions géométriques suffisamment petites de la source émissive.

Ce cas est très général : il est exceptionnel que l'on n'utilise qu'une seule propriété de la cible pour caractériser l'existence de l'objet à détecter.

C'est ainsi que, pour détecter la scarlatine chez un être humain, on pourra constater successivement :

— une augmentation de sa température,

— une angine,

— une coloration spéciale de la peau,

— une montée du taux de fibrine dans le sang,

— une augmentation du taux d'antistreptolysine, dans le sang.

Et le diagnostic sera tout à fait sûr <sup>(5)</sup> lorsque la peau du malade se mettra à desquamer.

Les premiers symptômes donneront une présomption de scarlatine, qui se confirmera de plus en plus.

La détection d'un avion par un radar se fait également très souvent en utilisant plusieurs propriétés de la cible éclairée par le radar, par exemple les trois suivantes :

1. Le récepteur du radar reçoit un signal très semblable au signal émis, décalé d'un certain temps

<sup>(4)</sup> à la manière d'un purgatif violent (NDLR).

<sup>(5)</sup> Il est vivement recommandé de ne pas attendre jusque-là pour faire absorber au malade les remèdes idoines.

(qui mesure la distance) et provenant d'une certaine direction. Mais ce signal peut provenir de parasites électriques, ou radioélectriques, ou encore de cibles qui ne sont pas des avions (nuages, immeubles, montagnes...).

2. Le signal reçu est (très probablement) décalé en fréquence par rapport au signal émis par le radar, ce qui est indicatif d'un décalage Doppler et donc d'une vitesse radiale de la cible (les avions ne sont pas immobiles).

3. Les mesures précédentes s'étant reproduites plusieurs fois, le chemin parcouru par l'écho correspond à un mouvement plausible pour un avion (du point de vue vitesses horizontale et verticale, des accélérations horizontale et verticale).

La probabilité de fausse alarme qui pourrait être assez élevée avec la première mesure, tombera à des valeurs insignifiantes par l'utilisation des trois propriétés.

Un autre exemple (simplifié) est celui de la détection d'un A majuscule dans un texte ne contenant que des majuscules romaines et grecques. On pourra imaginer un détecteur de traits obliques dans un sens, un détecteur de traits obliques dans l'autre sens et enfin un détecteur de traits horizontaux.

Si les trois détecteurs ont indiqué «écho», on peut être en présence d'un A ou d'un Δ (delta). Mais si on utilise le fait que les trois constituants n'ont pas la même position relative :

••• pour le A  
et •• pour le Δ,  
•

on voit que la détection *des trois* composantes suivie d'un examen de leur position relative (utilisation des règles de syntaxe) permettra de réduire la fausse alarme (on dira de lever l'ambiguïté).

[Notons, pour mémoire, que la localisation de la cible implique souvent plusieurs mesures, tous les systèmes de triangulation reposant sur ce principe].

Il n'en demeure pas moins que lorsqu'on s'est servi de l'ensemble des propriétés spécifiques utilisables de la cible, il reste toujours une possibilité de fausse alarme (en radar, on peut avoir un parasite électrique qui ressemble au signal émis, décalé en fréquence d'une fréquence Doppler raisonnable, et donnant l'impression d'un avion se comportant normalement).

Et il est évident que, lorsqu'à partir de ce stade, on veut réduire la probabilité de fausse alarme, on réduit ipso facto la probabilité de détection.

4. Schéma d'un détecteur

On peut, d'une certaine façon, résumer les considérations précédentes sous la forme du schéma de la figure 1.

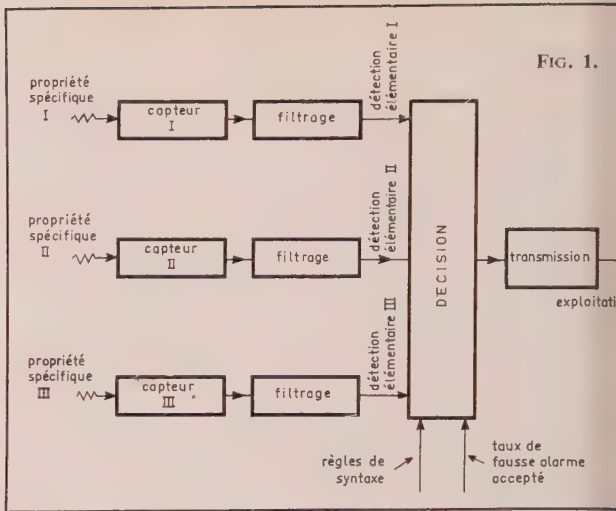


FIG. 1.

Chaque propriété spécifique est captée par un capteur <sup>(6)</sup> qui produira généralement, après un processus plus ou moins compliqué, un phénomène physique variable dans le temps et/ou dans l'espace, représentatif de la propriété spécifique. Ce phénomène physique est presque toujours électrique, optique ou acoustique, de façon à le pouvoir manipuler aisément. Il contient l'information représentative de l'existence de la cible utile, des cibles parasites (celles qui possèdent la même propriété spécifique ou une propriété voisine), ainsi que généralement des parasites produits par l'imperfection du capteur, et que l'on qualifie souvent de bruit.

Il importe ensuite de reconnaître, le mieux possible, «l'émission» de la cible utile parmi les émissions des cibles parasites et en dépit du bruit qui, de par sa nature, aléatoire le plus souvent, peut fort bien donner à première vue une «impression» voisine de celle du signal utile. Aussi bien, après une amplification (destinée à amener à un niveau raisonnable les signaux très faibles fournis généralement par le capteur), un filtrage est-il souvent opéré pour éliminer, le plus possible, les signaux parasites, en touchant, le moins possible, au signal utile.

Ce filtrage se fait soit sur la grandeur physique fournie par le capteur, soit le plus souvent après transformation de celle-ci en une autre (on transformera, par exemple, dans un cas assez extrême, le signal électrique du capteur en un signal acoustique, modulant un faisceau lumineux ; cette modulation de lumière est alors filtrée, puis retransformée en signal électrique constituant la sortie du filtre).

La sortie des différents filtres entre alors dans un organe qui, tenant compte de la position relative des détections élémentaires dans le temps et/ou dans l'espace (les règles de syntaxe) d'une part, et tenant compte, d'autre part, de la probabilité de fausse alarme admise, prendra une décision.

Dans les détecteurs artificiels, cette décision sera presque toujours indiquée par un signal (électrique, d'une forme non accessible à l'observateur humain) et devra donc être transmise à ce dernier pour lui être présentée de façon « parlante ».

(6) Les différents capteurs ont souvent des éléments communs

## Le brouillage

On a parlé au paragraphe 2 de détection coopérative.

A l'autre extrémité du classement, on trouve souvent les procédés de brouillage, dont le but est précisément d'éviter la détection. Mais finalement les procédés de brouillage appartiennent tous à l'une des deux catégories suivantes :

— *a*) Brouillage par effacement de la propriété spécifique, dans le but de réduire la probabilité de détection.

— *b*) Brouillage par fabrication de leurres, dans le but d'augmenter la probabilité de fausse alarme.

Le brouillage du type *a*) sera celui dans lequel le soldat vietnamien se lave au savon américain et se débarrasse des vêtements sortant d'un « pressing » américain.

La recherche du revêtement antiradar appartient à cette catégorie de brouillage. Le silence radio et/ou radar préconisé dans les marines militaires ressort également de la même philosophie.

Mais, à vrai dire, ce camouflage de la propriété détectable est évidemment toujours très difficile à obtenir : une aiguille qui ne pique pas, une mine invisible, un turboréacteur qui n'émet pas d'infrarouge, etc., sont difficilement concevables, en sorte que la majorité des systèmes de brouillage appartiennent à la catégorie *b*).

La technique consiste alors à fabriquer en grand nombre des objets possédant la même propriété spécifique que la cible à détecter, mais moins précieux, de façon à saturer soit le détecteur soit le système d'exploitation. Cela se fait de deux façons, essentiellement :

— soit en fabriquant réellement des leurres (des faux avions, des faux chars, des faux missiles),

— soit en utilisant des appareils spécialisés qui possèdent à un degré extrême la propriété spécifique utilisée par la détection. C'est ainsi que devant un radar, on utilisera un émetteur puissant de signaux radioélectriques semblables à ceux émis par le radar. C'est ainsi qu'en technique infrarouge, on allumera des brûleurs puissants.

## Quelques progrès récents en détection

Les progrès récents en matière de détection se situent essentiellement à trois niveaux :

— niveau de la recherche de la propriété spécifique permettant la détection,

— niveau du capteur,

— niveau du filtre (et de « l'illuminateur ») capable de conférer à la cible la propriété spécifique adéquate.

## 1. Recherche de la propriété spécifique permettant la détection

Les progrès dans ce domaine, pour évidents qu'ils soient, restent cependant limités, sans doute parce

qu'on compte plus sur le hasard que sur une recherche méthodique.

Un exemple est très instructif à cet égard : on a coutume de dire que l'homme dispose de cinq sens : la vue, l'ouïe, l'odorat, le goût et le toucher.

On a, avec un succès certain, copié la nature dans le domaine de la vue, de l'ouïe, et du toucher. On ne l'a pas fait dans le domaine du goût, mais surtout ne l'a-t-on pas fait dans le domaine de l'odorat, sans doute parce que l'odorat humain n'est pas très fameux. Et pourtant quand on voit les possibilités de détection par l'odeur dont disposent certains animaux (ne serait-ce que le chien policier), on se prend vraiment à regretter que ce filon n'ait pas été plus exploité.

La seule utilisation de l'odorat est celle qui consiste à utiliser des capteurs animaux (la puce, le chien, etc.) sans que, semble-t-il, le mécanisme de l'odorat ait réellement fait l'objet d'une analyse en vue de reproduction de « nez artificiels ».

On sait, par contre, que depuis quarante ans le détecteur optique sous ses différentes formes (radars, rayonnements, optique non visible, etc.), la détection acoustique, la détection tactile (gyromètres, strain-gages, palpeurs) ont fait des progrès considérables.

## 6.2. Evolution des capteurs

Et l'on sait aussi qu'une partie importante de ces progrès est due aux progrès effectués au niveau des capteurs.

L'énorme travail fait par les chercheurs sur la théorie des signaux électromagnétiques (dont la lumière est un cas particulier) a conduit aux merveilles que constituent les capteurs électromagnétiques du type radar.

L'énorme travail des physiciens sur la « physique du solide » a permis de faire des amplificateurs de signaux électromagnétiques de performances étonnantes, des détecteurs de signaux infrarouges de sensibilité excellente. Il a permis, de façon plus particulière, la miniaturisation nécessaire de certains de ces composants.

## 6.3. Evolution au niveau du filtrage

Et pourtant l'essentiel de l'évolution de la détection c'est bien au niveau du filtrage qu'on le trouve (au niveau de ce que l'on appelle volontiers le traitement de signal). A cet endroit, les progrès apparaissent sous trois formes :

### 6.3.1. La théorie

On a dépensé des trésors d'ingéniosité pour essayer de comprendre et de définir quel était le meilleur filtrage à faire, sous forme de ce qu'on appelle souvent la théorie de la décision. En utilisant l'arsenal mathématique de calcul des probabilités et des transformations de Fourier et autres (les fonctions « aléatoires »), on s'est posé le problème suivant :

Sachant que le signal recherché a une forme connue (au moins de façon approchée), sachant qu'il est perturbé de telle et telle façon, sachant que l'on a

sans doute affaire à 1, 2 ou N cibles dans la zone intéressée, que doit-on faire subir à l'ensemble des signaux utiles dénaturés pour obtenir la meilleure détection (au sens du meilleur service rendu à l'utilisateur) et/ou la meilleure localisation ?

Il est vrai que souvent le problème ainsi posé ne s'est pas avéré soluble de façon rigoureuse, et qu'il reste beaucoup à faire dans ce domaine.

Il n'en reste pas moins que le fait de poser ainsi le problème, et de le résoudre en partie au moins, a conduit à des résultats étonnants.

La limite théorique du pouvoir de résolution angulaire en optique a été remise en question de façon fructueuse, et cette remise en question, étendue au pouvoir de résolution en distance, en vitesse, en fréquence, etc., commence à s'avérer payante, que ce soit pour la détection électromagnétique et optique, ou pour la détection acoustique.

L'application de la théorie de la décision à la détection par radar (application la plus facile) a conduit à une véritable révolution, rendant possible la détection lointaine et la détection fine — impossibles à obtenir suivant les errements classiques.

L'extrapolation des résultats à la reconnaissance des formes, pour moins rigoureuse qu'elle soit, n'en a pas moins conduit à un début de révolution.

Ces (r)évolutions, trop rapidement évoquées, résultent d'ailleurs, non seulement de la théorie faite, mais aussi de progrès dans deux domaines différents, progrès qui vont être évoqués dans les deux paragraphes suivants :

### 6.3.2 Les générateurs de signaux

Le premier progrès fondamental est dans le domaine des *générateurs de signaux* utilisés dans les systèmes de détection active du type électromagnétique (radar) et du type optique.

C'est en fait le progrès fondamental réalisé dans la génération et/ou l'amplification des signaux électromagnétiques à bande étroite, c'est-à-dire dans le domaine des tubes micro-ondes et des lasers, qui permet d'émettre vers la cible un signal de forme quelconque, et donc de le pouvoir choisir en fonction des caractéristiques de la cible et de la détection considérée.

Par exemple, la théorie de la décision appliquée au radar indique bien qu'il est souhaitable d'émettre vers la cible (et cela se transpose immédiatement en sonar, en sondage ionosphérique, en télécommuni-

cations, etc.) un signal riche en informations permettant *in fine* de disposer d'une redondance considérable et donc de gagner en sûreté de détection sans augmenter les puissances mises en jeu (à condition que le filtrage tienne le mieux compte de la nature de plus en plus particulière du signal émis et soit — comme l'on dit — adapté à ce signal). Encore faut-il, pour pouvoir appliquer cette belle théorie, être en mesure d'émettre ce signal complexe, avec un niveau suffisant de puissance, ce qui est maintenant possible.

### 6.3.3. Les moyens de filtrage

Le dernier progrès fondamental à citer, parce qu'il est très important, est dans les *moyens de filtrage* dont on dispose.

- On sait maintenant filtrer avec beaucoup de souplesse et de précision en électronique, grâce à l'évolution incroyable des circuits arithmétiques (accroissement de la rapidité et diminution des prix).

- On sait maintenant filtrer des signaux acoustiques avec une précision remarquable (on sait, à vrai dire, réaliser pratiquement en acoustique n'importe quelle forme de fonction de transfert au moins dans une zone de fréquences donnée, mais étendue).

- On sait faire, en lumière cohérente et en lumière non cohérente, une énorme variété de filtrages différents.

- Mais, en plus, on sait passer de l'électricité aux ultrasons et vice versa, on sait passer des ultrasons à l'optique, on sait passer de l'optique à l'électricité et vice versa, de sorte que, pour un problème donné, on sait trouver le mélange d'électricité (analogique ou numérique), d'optique et d'acoustique, fournissant la meilleure solution au problème de filtrage posé.

## 7. Conclusion

Le domaine passionnant et si vaste de la détection n'a pu être que survolé dans les quelques lignes ci-dessus.

Il ne l'a été, au demeurant, que par un spécialiste du radar — forcément ignorant de la plupart des autres techniques — (de la chimie, notamment).

Puisse ce papier n'apparaître pas comme trop spécialisé, car si les moyens de détection diffèrent considérablement, la philosophie de la détection semble assez monolithique.

# Atterrissage tous temps : Equipements au sol. Présentation et synthèse

B. PALAYRET

*Directeur du Service Technique de la Navigation Aérienne (STNA)*

La demi-journée d'étude du 8 avril 1970 avait pour thème « les équipements au sol des systèmes d'atterrissage » mais les exposés faits ne se sont pas limités à ce sujet, ce qui est normal ; en effet, il fallait préciser ce que l'on entend par atterrissage tous temps.

Les deux premiers conférenciers, M. LEBLEU\* et M. MEGARD ont fait respectivement le tour d'horizon des problèmes opérationnels civils et militaires d'atterrissage.

Les trois conférenciers suivants ont décrit les équipements de guidage ILS :

- Equipements ILS de la catégorie de performance I, par M. DAUTREMONT,
- Le Sydac, système en bande C compatible avec ILS, par M. RONSIN,
- Le Satram, système à faisceau battant, par M. FOMBONNE (\*).

Enfin, M. VEDRUNES a présenté les essais en vol des nouveaux systèmes.

Que peut-on conclure de ces exposés ?

Du côté civil où des règles ont dû être fixées internationalement les différentes catégories d'atterrissage ont été précisées en termes de minimums météorologiques.

On pourrait dire que l'atterrissage tous temps est réalisé quand on ne peut plus remettre les gaz. Mais quoi qu'il en soit, il n'est pas possible d'avoir une continuité de continuité entre les différentes catégories, surtout en ce qui concerne le guidage au sol. Dans les systèmes à bord, les différences sont plus sensibles, l'automatisme allant croissant avec l'abaissement des minimums.

Article reçu en avril 1971.

(\*) Les articles de M. LEBLEU et de M. FOMBONNE ont été publiés dans le n° 71 de la revue *Navigation* en juillet 1970 et ils ne sont pas reproduits ici. On peut se procurer cette publication, au prix de 10 F, à l'Institut Français de Navigation, 3, av. Octave-Gréard, Paris-VII<sup>e</sup>.

Mais ce qui a été traité ici est : les équipements au sol d'atterrissage.

A entendre les deux premiers exposés, on a pu se rendre compte que, du point de vue opérationnel pour les atterrissages, civils et militaires sont partis de conceptions bien différentes :

— le radar d'atterrissage, c'est-à-dire le guidage complet à partir du sol pour les militaires,

— l'ILS, c'est-à-dire l'interprétation par le pilote de l'information à bord, pour les civils.

Ces différences de conception sont aisément explicables par les contraintes particulières à chacun de ces utilisateurs :

— Pour les militaires : limitation des équipements de bord et souplesse dans l'utilisation des équipements au sol avec, en corollaire, acceptation par les pilotes de ces conceptions.

— Pour les civils : possibilité d'une infrastructure fixe au sol et d'équipements à bord permettant l'interprétation directe du pilote ; le système doit, de plus, être international.

A partir de ces conceptions de départ, des matériels ont été développés, en particulier l'ILS qui date de la dernière guerre et qui est, comme l'a indiqué M. LEBLEU, peu satisfaisant en particulier dans son principe de mesure et dans sa bande de fréquence.

Cependant, malgré ses limitations, ce principe a été développé et amené à un point de perfection assez important. M. DAUTREMONT nous a exposé comment, grâce à une amélioration des systèmes de contrôle et de la technologie, on avait pu obtenir des équipements ILS extrêmement performants.

Ces dernières années on s'est aperçu, du côté civil, mais aussi du côté militaire, qu'il était de plus en plus

indispensable d'aider à l'atterrissage presque tous les avions. L'atterrissage par 0/0 avec des conditions météo très basses n'est qu'un aspect de ce problème.

En effet, il y en a bien d'autres tels la sécurité de l'atterrissage des avions lourds, la cadence d'atterrissage liée au débit des pistes, laquelle peut avoir des conséquences économiques très lourdes et, du côté militaire, l'atterrissage des ADAC et des ADAV.

Comme il vous l'a été exposé précédemment, sur le plan national, ces besoins ont amené au développement du SYDAC et du SATRAM ; sur le plan international, le SC 117 du RTCA et le groupe AWOP de l'OACI se sont penchés sur ce problème. Un hasard heureux, ou peut-être une saine vision des choses, ont fait que les

études lancées en France sont dans la ligne de ce qui est demandé sur le plan international.

Cela a permis en particulier à THOMSON-CSF d'être un interlocuteur extrêmement important au sein de ce Comité 117 du RTCA, ce qui ne s'était jamais vu pour un industriel français.

A ce sujet, il faut souligner que la position de cette compagnie dans les matériels d'aides à l'atterrissage est maintenant extrêmement forte internationalement alors qu'elle était inexistante il y a dix ans.

Je pense que l'Administration qui a déjà poussé et aidé les industriels dans cette voie doit continuer à le faire surtout au moment où les problèmes civils et militaires se rejoignent et où les deux administrations travaillent en parfaite coordination à ce développement.

## Les problèmes spécifiques militaires de l'atterrissage tous temps

A. MEGARD

*Service Technique des Transmissions de l'Air (STTA)*

### Résumé

*Longtemps considérés comme de second plan, les problèmes de l'atterrissage tous temps retiennent actuellement l'attention des utilisateurs militaires. Si les problèmes techniques de guidage le long d'un axe radioélectrique sont sensiblement les mêmes que dans le domaine civil, les contraintes opérationnelles sont, dans bien des cas, assez différentes: mobilité des équipements sol, insensibilité à l'environnement pour l'emploi sur des terrains tactiques sommairement aménagés, conception différente de la sécurité.*

*Les études effectuées dans ce domaine ont, jusqu'à présent, été pratiquement limitées au SATRAM, système à faisceau battant lancé en 1963 et au SYDAC, lancé en 1967. Le lancement d'études pour un système universel, en cours de définition au sein du RTCA, est envisagé dans les années à venir, avec la collaboration des Services civils.*

### 1. Introduction

Grâce aux progrès effectués dans les domaines du pilotage, de la navigation autonome, de l'interception et de l'attaque aveugles, la plupart des avions militaires et bientôt des hélicoptères sont maintenant capables d'effectuer leurs missions par tous temps, ou plutôt ils le seraient s'il n'existait pas des imitations importantes à l'atterrissage.

Cette carence, surprenante a priori, trouve son origine dans plusieurs causes, dont les principales sont les suivantes :

-- tout d'abord les efforts de recherche et d'équipement des avions militaires sont orientés, et c'est normal, vers ce que l'on considère comme les fonctions nobles d'un avion, c'est-à-dire vers l'amélioration des systèmes d'armes et de navigation qui permettent de remplir la mission ;

— ensuite, et à première vue du moins, les impératifs auxquels obéissent les avions civils et militaires sont assez différents : en particulier, on peut admettre plus facilement de dérouter un avion militaire sur un autre terrain en cas de mauvais temps alors que les passagers d'une ligne civile n'apprécient guère de se poser à Paris quand ils se sont embarqués pour Genève ;

— enfin il faut reconnaître que jusqu'à une époque récente, les performances obtenues avec un radar d'atterrissage PAR n'étaient pas ridicules vis-à-vis de celles que l'on pouvait attendre d'autres systèmes de guidage.

Il faut cependant remarquer que si ces raisons peuvent expliquer le retard pris par les systèmes d'atterrissage tous temps dans le domaine militaire elles ne permettent pas de justifier que l'on continue plus longtemps à considérer ces problèmes comme de second plan.

### 2. Les problèmes spécifiques militaires

On pourrait s'étonner que les besoins militaires ne puissent être résolus de la même façon que les

soins civils, c'est-à-dire en faisant appel à l'ILS, matériel bien connu et éprouvé qui permet d'ores et déjà l'atterrissage en catégorie III A. Et effectivement, si on ne considère que le problème du guidage d'un avion le long d'un axe radioélectrique, on ne voit pas ce qui peut nécessiter un équipement de guidage différent. Le problème en fait se pose surtout au niveau de l'équipement au sol, lorsque l'on approfondit les contraintes opérationnelles propres aux soins militaires.

— La première contrainte à considérer est la mobilité, ainsi que la facilité de mise en œuvre. Il faut, bien sûr, équiper les bases principales, mais ceci ne pose pas de problème particulier par suite du caractère permanent des installations. Par contre, il faut pouvoir activer rapidement les bases tactiques (terrains de dégagement), ce qui implique que le matériel sol soit facilement transportable, installé très rapidement (en une heure environ), pratiquement sans travaux préalables d'infrastructure et que sa mise en service ne nécessite pas de calibration en vol. Ces exigences, à elles seules, éliminent l'ILS classique.

— La deuxième contrainte est l'insensibilité à l'environnement topographique de la base. Cette contrainte apparaît déjà pour l'équipement des bases tactiques pour avions conventionnels, où l'on peut attendre à trouver, tant sur le terrain lui-même qu'à son voisinage immédiat, des obstacles ne demandant qu'à perturber les signaux radioélectriques de guidage, même si l'axe d'approche lui-même est convenablement dégagé.

Elle apparaît avec encore plus d'acuité pour les terrains tactiques pour hélicoptères, étant données la dimension relativement faible des terrains nécessaires, ainsi que les caractéristiques d'approche sous forte pente de l'hélicoptère qui permettent de tolérer des obstacles assez importants sur l'axe d'approche même.

## 4. Dispositifs de sécurité

Il existe également d'autres aspects du problème de l'atterrissage tous temps sur lesquels on constate, non pas une divergence, mais une différence de point de vue entre utilisateurs civils et militaires.

C'est en particulier le cas de la sécurité, ou plus exactement des moyens d'y parvenir car il est bien évident que les militaires ont tout autant que les civils souci de la sécurité.

La contrainte principale provient, dans ce cas, du souci de rendre minimaux la masse et l'encombrement des équipements de bord, spécialement sur les avions d'armes où la place est mesurée au plus juste. Il faut donc rechercher des solutions qui assurent la sécurité sans avoir à installer des chaînes duplex ou triplex, et l'orientation serait plutôt de recourir à des chaînes simples monitorées pour les récepteurs de guidage.

On voit alors apparaître une deuxième contrainte : avant un seul récepteur à bord, le pilote doit avoir la possibilité de tester son équipement bien avant de commencer sa percée et même d'entrer dans le

volume d'aérodrome. Ce n'est pas en effet lorsqu'il sera à 1 500 pieds, avec très peu de pétrole à bord, qu'il faudra qu'il se déroute si son équipement de bord ne fonctionne pas. D'où la nécessité d'un test intégré permettant de contrôler effectivement l'ensemble du matériel de matière autonome.

## 2.2. Problèmes communs aux aviations civiles et militaires

Pour compléter ces quelques remarques sur les problèmes militaires, et les replacer dans un contexte général plus exact, il convient de signaler que certains des problèmes mentionnés préoccupent aussi les utilisateurs civils. Par exemple l'équipement en ILS de certains terrains civils s'est révélé pratiquement impossible par suite de leur environnement difficile. On peut même penser que la généralisation de l'équipement en moyens d'atterrissage tous temps des aérodromes de moyenne et faible importances, ainsi que de l'aviation générale, conduira à rapprocher de plus en plus les points de vue civils et militaires.

## 3. Les études de nouveaux systèmes d'atterrissage

Pour atténuer quelque peu le ton pessimiste de l'introduction qui pourrait amener à conclure que les militaires se sont, jusqu'à présent, totalement désintéressés des systèmes d'atterrissage, il convient de mentionner qu'en fait un effort important d'étude a été mis en œuvre dans ce domaine par le STTA, et ce pratiquement dès la fin de la guerre. Trois programmes méritent d'être plus particulièrement rappelés.

Tout d'abord le *programme ASV 23*, dans les années 50, au titre duquel plusieurs équipements prototypes furent réalisés, et qui donna l'occasion, à l'époque, à une collaboration étroite avec le SGAC. Malgré des résultats prometteurs, concrétisés par des atterrissages automatiques tant au CEV de Brétigny qu'au BLEU de Bedford, en Grande-Bretagne, ce système ne donna pas lieu à développement ultérieur, ni pour les civils par suite des améliorations apportées à cette époque à l'ILS, ni pour les militaires, en raison de priorités budgétaires.

En 1962-1963, le STTA lançait deux études de systèmes destinés à l'atterrissage des ADAV/ADAC, études motivées par le programme alors en pleine activité du Mirage III V.

Des deux maquettes réalisées pour vérification des principes mis en œuvre, une seule donna satisfaction, celle du *Système SATRAM* qui sera décrit par ailleurs en détail. Très rapidement, le SATRAM est basé sur les techniques de faisceaux battants codés suivant la coordonnée à mesurer, site ou gisement. La modulation utilisée est à bande étroite, le codage étant obtenu par modulation en fréquence d'une porteuse continue. Le SATRAM comprend également une fonction mesure de distance classique en impulsions, donc pratiquement indépendante des mesures d'angles.

Ce programme SATRAM a, bien sûr, subi le contre-coup de l'arrêt du programme Mirage III V et est actuellement mis en sommeil, dans l'attente de la

définition du futur système « universel » modulaire qui devrait permettre, vers les années 80, l'équipement de tous les terrains et de tous les types d'avions, tant civils que militaires.

Enfin, beaucoup plus récemment, a été lancé le programme SYDAC, destiné à couvrir à court terme les besoins militaires tactiques. Le SYDAC est essentiellement basé sur la transposition en « bande » C des signaux de l'ILS classique, ce qui permet d'obtenir la mobilité et la facilité de mise en œuvre de l'équipement au sol, tout en conservant à bord une totale compatibilité avec l'ILS classique.

Une maquette de cet équipement est actuellement en fin d'essais au CEV de Brétigny, et doit être ensuite présentée à une évaluation OTAN comme système tactique pour la période intérimaire 1970-1980.

#### 4. Conclusion

Dans les années à venir, on peut s'attendre à ce que l'évolution des besoins civils et militaires aillent en convergeant, et conduise à la définition d'une famille unique de matériels. C'est bien ce qu'indiquent déjà les résultats actuels des travaux du Comité SC-11 du RTCA, même s'il reste encore beaucoup à faire pour avoir une définition précise des matériels. Aussi est-il envisagé, pour les années à venir, de lancer un programme d'études étroitement coordonné entre les Services Techniques civils et militaires, programme qui portera aussi bien sur les problèmes technologiques à résoudre pour cette nouvelle génération d'équipements, que sur le développement des versions diverses de matériels correspondant à chaque catégorie d'aéronefs et de missions.

# Équipements I.L.S.

## de la catégorie de performance III

P. DAUTREMONT

Thomson-CSF

### Résumé

Le système d'atterrissage ILS standardisé par l'OACI en 1949 permet que depuis peu l'atterrissage tous temps. L'équipement 371 de la THOMSON-CSF, développé en collaboration avec le STNA, incorpore les derniers perfectionnements technologiques et une expérience opérationnelle vieille de dix années. C'est ainsi que les techniques de grande directivité pour les aériens, de redondance pour les systèmes d'émission et de contrôle ont été largement employées. Les technologies « de l'état solide » ont permis d'atteindre des fiabilités de sous-ensembles très élevées. Il en résulte une famille de matériels dont la version la plus élaborée atteint les objectifs fixés pour la qualité de l'information de guidage et la sécurité. Cet équipement permet d'accomplir ce qui était recherché dès l'origine : l'atterrissage sans visibilité — ou l'atterrissage tous temps.

### Introduction

Il y a moins de cinq ans que l'on a reconnu au système ILS la possibilité de fournir les informations principales nécessaires à l'atterrissage tous temps. C'était, longtemps après, tenir les promesses contenues dans le sigle de ce système d'atterrissage aux instruments, standardisé à la Conférence d'Atlantic City en 1949. Il a fallu les travaux importants effectués par les administrations et les industriels de divers pays, et notamment de France, pour arriver à faire de ce système d'aide à l'approche, le moyen d'atterrissage précis et sûr qui existe aujourd'hui.

### Caractéristiques de l'atterrissage tous temps vu de l'équipement sol

Rappelons d'abord les objectifs et les performances qui sont ceux de l'atterrissage tous temps.

Essentiellement, et en termes opérationnels, il faut fournir des informations permettant d'approcher et de se poser avec des minimums de visibilité horizontale de 200 m et par plafond nul.

En termes techniques et d'après les études faites par les différents états et en particulier en France par le STNA, cela se traduit par l'obtention d'un écart de 1 m à  $1\sigma$ , dû à l'équipement sol de guidage latéral. Par ailleurs, on sait que dans les systèmes d'atterrissage tous temps, le guidage vertical est assuré à partir d'un point situé aux environs d'une altitude de 60 m conjointement par des moyens aéroportés et l'équipement de guidage ILS au sol. La précision de ce dernier est excellente (nettement meilleure que le mètre) et d'ailleurs n'intervient que pour déterminer la position du point d'impact le long de la piste. En plus de ces performances de pure précision, ce qui caractérise la Catégorie III est la sécurité associée à ces paramètres de guidage.

On peut discuter, en l'état de nos connaissances statistiques, sur la fixation d'objectifs de taux de panne catastrophique relatifs au système d'atterrissage tous temps. Il n'en reste pas moins que les estimations faites se sont appuyées sur les résultats d'exploitation normale connus des divers états et que ceux-ci ont permis de fixer des objectifs qui ont servi à définir les équipements les plus modernes en l'état actuel de la technique. Ainsi, le taux de panne catastrophique, c'est-à-dire pouvant entraîner l'avion à évoluer hors du domaine de sécurité, a été chiffré pour le localizer à  $2 \cdot 10^{-6}$  pendant les trente dernières secondes de l'approche, étant entendu que, dans ces conditions, l'évolution vers une catastrophe n'interviendrait qu'environ 1 fois sur 4 000 atterrissages. Cela revient, en définitive, à fixer un objectif de  $0,5 \cdot 10^{-9}$  pour la probabilité d'arrêt de la partie radiophare d'alignement de piste (localizer) et pour la partie radiophare d'alignement de descente (glide).

Il a donc fallu s'attacher dans les équipements modernes à réduire ces deux termes, ce qui a été fait d'abord par la recherche de fiabilité élevée et ensuite par la conception du système où il est fait largement appel aux techniques de redondance.

Nous allons voir maintenant comment, pour chaque

composant du système, les objectifs de performances et de sécurité ont été atteints.

### 3. L'équipement ILS de catégorie III

#### 3.1. Composition et description schématique

Rappelons brièvement la composition bien connue d'un ILS :

— Le radiophare d'alignement de piste (localizer) rayonne un signal VHF modulé en amplitude. L'information angulaire est donnée par la différence des taux de modulation, laquelle varie dans un secteur centré sur l'axe de piste. Cette différence doit être idéalement nulle dans le plan vertical contenant cet axe.

— Le même principe est appliqué pour le radiophare d'alignement de descente (glide) mais en UHF. La surface de descente ou la différence des taux de modulation est nulle est alors un cône centré sur le mât d'émission.

Chacun des radiophares comprend schématiquement (fig. 1) un ensemble d'émission et son antenne, un ensemble de contrôle et ses capteurs (« détecteurs de

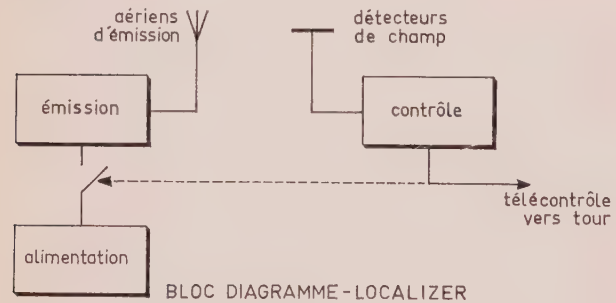


FIG. 1.

champ»). Afin d'être complet, il faut mentionner la partie alimentation et le dispositif de télécontrôle qui permet à la tour de contrôle de connaître l'état du système.

Un ILS comprend de plus deux (ou trois) radiobornes à 75 MHz dont le but est de marquer en distance la trajectoire d'approche. Nous n'en dirons rien ici car leur rôle n'est pas, à proprement parler, spécifique de la catégorie III.

Nous passerons en revue les différents éléments de l'équipement en montrant en quoi ils répondent aux exigences de la catégorie III, en ce qui concerne les performances et la sécurité.

#### 3.2. Système d'émission

##### 3.2.1. Aériens

Dans l'ILS, le système d'émission est d'abord caractérisé par le type de l'aérien. Le problème le plus important est l'obtention d'une structure d'axe aussi droite que possible. En général, il existe des « coudes » qui sont dus aux réflexions sur les obstacles environnants. A ce problème, deux remèdes peuvent être apportés :

— tout d'abord donner une directivité telle aux aériens d'émission que le rapport du champ perturbateur au champ direct soit réduit au minimum.

— Ensuite, utiliser diverses techniques dont la principale et la mieux éprouvée est celle de la bifurcation. Dans cette technique, on assure la couverture complète hors de la zone centrale, donnée par le réseau directif à fréquence  $F_0$ , par une émission dont la fréquence est très légèrement décalée ( $F_0 + \Delta F$ ) mais dont les caractéristiques de modulation sont inchangées. En s'assurant que  $\Delta F$  est assez grande pour ne pas interférer avec la BF de l'information angulaire (90 et 150 Hz) et assez basse pour entrer dans la bande passante MF du récepteur, la protection recherchée s'accroît par le phénomène d'effet de capture qui, au niveau de la détection, tend à étouffer le signal le plus faible au profit du plus fort.

Dans l'équipement de catégorie III, ces deux techniques sont employées. La directivité est pratiquement toujours requise car les terrains en cause présentent généralement des obstacles dans leur zone terminale ne serait-ce que par les grands bâtiments d'aéroports ou par des avions gros porteurs en circulation ou stationnement dans les zones proches de l'axe.

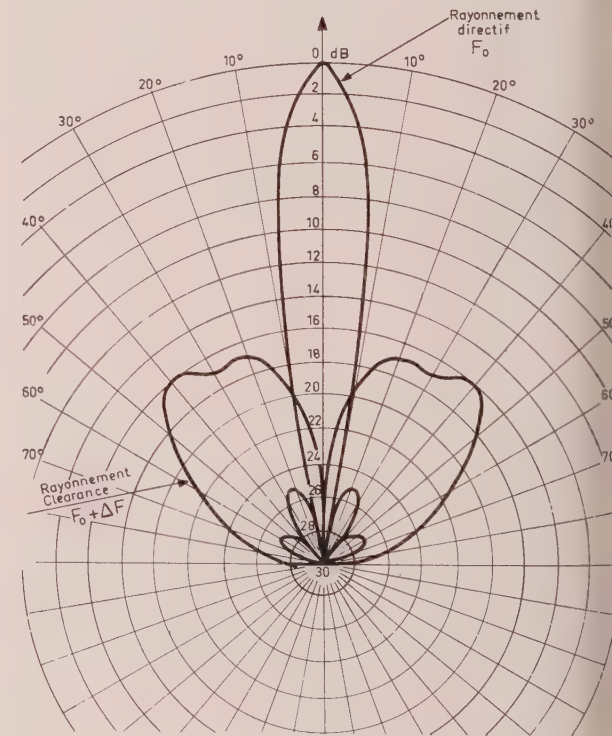


FIG. 2.

Le diagramme typique d'émission pour le localizer est celui donné par la figure 2.

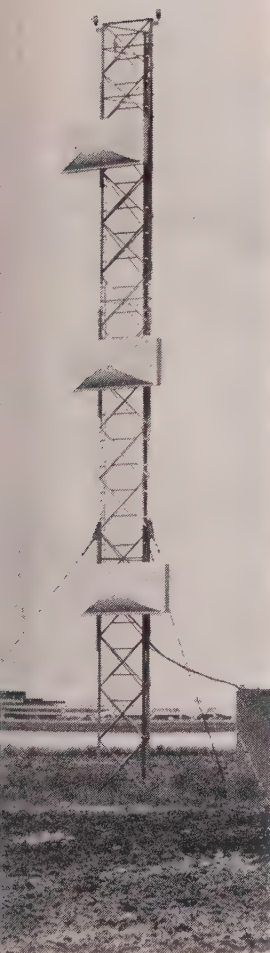
La technologie employée doit assurer une grande fiabilité aux aériens. La principale cause de perturbation étant l'ambiance climatique (vent, pluie, neige, glace), le problème est résolu par :

1) un réseau à aussi petit nombre que possible d'éléments actifs afin de diminuer au maximum



FIG. 3.

FIG. 4. ▼



nombre de connecteurs et la complexité des circuits d'alimentation. De ce point de vue, l'équipement français est exemplaire : En localiser, il n'y a que trois sources actives éclairant une parabole passive, ce qui est le minimum théorique, et en glide, il n'y en a qu'un, la directivité étant assurée par le réflecteur qui forme boîtier.

2) la protection des sources actives par des radômes si les conditions climatiques le nécessitant. En effet, dans le cas du localiser, les antennes étant à large bande sont très peu sensibles aux perturbations climatiques. Pourtant une protection par radômes est prévue, le faible encombrement des sources rend celle-ci facile et relativement peu onéreuse (fig. 3). Quand aux antennes glide, elles sont systématiquement protégées par un radôme très simple qui

constitue la fermeture naturelle du boîtier réflecteur (fig. 4).

Ces deux types d'aériens qui constituent des parties importantes de l'équipement de catégorie III ont fait l'objet d'études et d'essais approfondis ; ils ont été employés opérationnellement depuis plus de trois ans sous les climats les plus variés, ayant été incorporés à la précédente génération. La sécurité qu'ils donnent n'est donc pas une affaire de prévision mais une réalité.

### 3.2.2. Emetteur. Modulateur

Du fait des fréquences utilisées (110 MHz et 330 MHz) et de la directivité des aériens, les émetteurs localiser et glide sont complètement transistorisés. Les puissances sont respectivement de 20 W et de 10 W. Il est évident que ce résultat n'est pas nouveau puisque, dès 1966, la THOMSON-CSF avait installé les premiers ILS entièrement transistorisés. L'équipement actuel de catégorie III possède des émetteurs exécutés entièrement en circuits imprimés et dont les transistors de puissance travaillent nettement en-dessous de leurs caractéristiques-limites. Cela conduit à la très grande fiabilité requise pour l'atterrissage tous temps.

En ce qui concerne la modulation, elle a été longtemps produite mécaniquement à partir de capacités tournantes entraînées par un moteur. Pour en juger, il faut se rappeler que la stabilité de l'information angulaire, donc de la position de l'axe, est donnée par l'égalité de deux taux de modulation d'amplitude. La solution mécanique était, jusqu'à peu d'années, la seule capable d'assurer cette stabilité en modulant « en creux » les deux moitiés de l'énergie continue VHF produite par l'émetteur.

Malheureusement, bien que stable, le système était globalement peu fiable, du fait de l'emploi de parties mécaniques tournantes sujettes à l'usure, et aussi d'un moteur devant tourner à fréquence relativement constante (1 %) ce qui nécessitait une alimentation spéciale.

La mise au point par THOMSON-CSF du modulateur numérique devait apporter la solution qui alliait la stabilité du prédécesseur à la fiabilité d'une commande électronique très simple et ne nécessitant qu'une alimentation classique de faible puissance. En effet, il s'agit d'un générateur de bandes latérales, lesquelles sont produites par composition de deux vecteurs tournants. La rotation de ces vecteurs est accomplie par variation incrémentale de phase, commandée par diodes. Les déphaseurs commutés sont constitués par des morceaux de lignes coaxiales de haute stabilité et l'incrément est assez petit pour conserver à la distorsion d'enveloppe et au spectre de raies résultants, des valeurs réduites.

Ce principe est appliqué dans l'équipement de catégorie III mais a fait déjà ses preuves en service, puisqu'il fonctionne depuis plus de deux ans sur la piste 26 d'atterrissage tous temps de Paris-Orly (fig. 5).

En ce qui concerne les stabilités résultantes, les systèmes d'émission de l'équipement de catégorie III

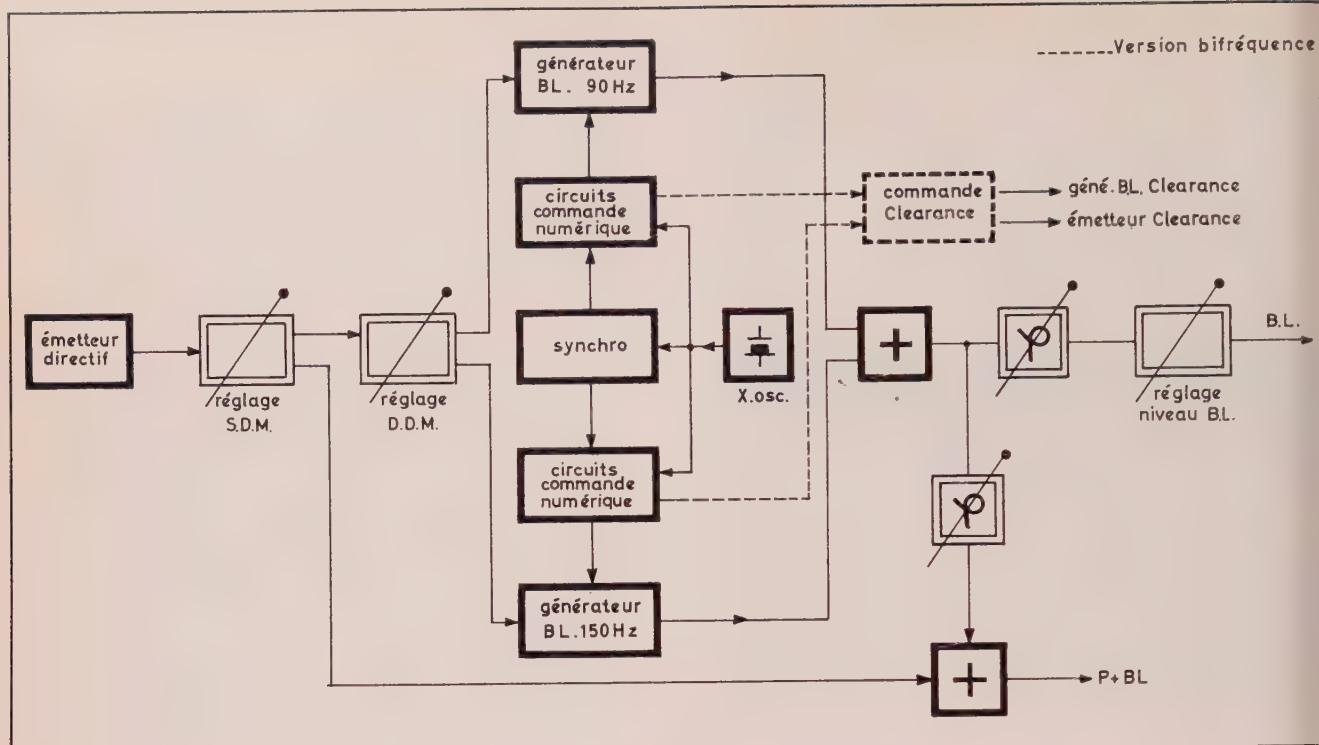


FIG. 5.

se chiffrent par moins de  $2 \mu\text{A}$  pour le localiser et pour le glide, *dans les conditions extrêmes d'environnement*. Cela excède largement l'objectif fixé dans les conditions réelles d'emploi.

### 3.2.3. Alimentation

Les équipements de la génération précédente fonctionnaient sur le secteur alternatif. Au niveau de chaque sous-ensemble, c'est bien entendu le courant continu qui était utilisé. Il en résultait que le secteur lui-même devait être fiable, donc « secouru » en cas de panne. Cette conception était peu compatible avec les exigences de la catégorie III qui imposent une disponibilité quasi absolue et l'interruption de l'émission seulement pour des fractions de seconde ou, au plus, 1 à 2 s. Les solutions possibles pour pallier ces pannes étaient toutes onéreuses et alourdissaient le système.

L'équipement de catégorie III a été conçu dès l'origine pour fonctionner sur une seule tension continue, qui a été choisie à  $+24 \text{ V}$ .

Cette tension est obtenue à partir du secteur mais à travers un chargeur et une batterie montée en tampon. Ce système très simple peut être doublé si l'on veut obtenir une sécurité parfaite et il procure une autonomie largement suffisante en cas de disparition du secteur (typiquement 3 h). Cette solution d'alimentation est facilitée par la faible consommation d'ensemble de l'équipement (moins de 500 W) et, en particulier, par l'absence de tout moteur de modulateur requérant une puissance alternative non négligeable.

### 3.2.4. Redondance d'émission

Malgré tout le soin mis à concevoir les circuits d'émission et d'alimentation, il est impossible, en l'état de la technique, d'assurer un taux de panne assez

faible à l'aide d'un seul système d'émission. On est donc conduit à adopter un dispositif redondant.

Il est d'autre part économiquement et pratiquement très difficile d'implanter un double système d'aériens d'émission. Heureusement la MTBF de ce sous-ensemble est, en général, suffisamment élevée. La conception décrite au paragraphe 3.2.1. permet d'atteindre des performances excellentes.

Par conséquent, la redondance est appliquée à toute la partie électronique, comme pour l'équipement de la génération précédente. Mais à présent, la marge de sécurité est encore plus grande car nous pouvons compter sur une MTBF de 5 000 h environ pour chaque ensemble. La MTBF correspondante du système redondant est ainsi théoriquement de 7 500 h. Il doit être bien noté que cela caractérise la totalité des pannes pouvant intervenir et que celles-ci sont constituées essentiellement par des pannes franches qui sont décelées à bord de l'avion ou par le dispositif de contrôle.

Il est évident que cette redondance n'a son effet que dans la mesure où le premier ensemble d'émission étant reconnu défectueux, les aériens sont commutés sur le deuxième. Cela s'accomplit par le dispositif de contrôle dont nous allons parler maintenant.

### 3.3. Dispositif de contrôle

Ce dispositif, obligatoire selon les normes de l'OACI, est primordial pour la sécurité du système.

Son but est d'analyser en permanence les caractéristiques du signal rayonné par la station et d'alerter la tour de contrôle en cas de défaillance tout en arrêtant l'émission. Il doit donc avoir toutes les qualités d'un bon appareil de mesure : précision

abilité, fidélité, et posséder une bonne fiabilité en fonctionnement.

Dans la catégorie II, le pilote doit avoir le contact visuel pour terminer son approche, il existe alors une « hauteur de décision » qui lui permet ou de rectifier l'erreur du système qui ne l'a pas amené dans la bonne position ou d'interrompre son approche en prenant de l'altitude.

De ce fait, même si l'ILS au sol émet un signal erroné ou si le dispositif de contrôle est en panne, sans que cela se soit manifesté, le résultat n'est pas catastrophique. On se contente donc, dans ce cas, d'un dispositif de contrôle unique ou à redondance simple. Chaque ensemble d'émission est analysé par un canal de contrôle et la détection d'une panne entraîne le recensement des aériens sur le deuxième ensemble d'émission et contrôle.

La probabilité de situation dangereuse est directement liée à la probabilité du dispositif de contrôle d'être en configuration de « panne cachée ».

L'objectif qui a été fixé pour celle-ci est de  $0,5 \cdot 10^{-9}$ . Un calcul simple montre qu'en prenant une MTBF de 1000 h pour le système d'émission, le temps moyen entre panne cachée doit s'établir à 20 000 h si l'on suppose le dispositif de contrôle toutes les douze minutes.

On voit que ce paramètre est important et toute solution qui accroît ce temps est bénéfique. Après analyse, on montre que la configuration la plus favorable, en tenant compte de la complexité des diverses solutions, est la triplification des canaux de contrôle.

Une action n'est entreprise que si elle correspond à une panne déterminée par deux au moins parmi ces trois canaux. La protection contre les pannes cachées est assurée sensiblement, à intervalle de temps de vérification constant, bien entendu.

Cette vérification, obligatoire si l'on veut garder une protection, est accomplie dans l'équipement de la catégorie III par un dispositif de test dont la commande peut être déclenchée par le contrôleur de tour. Ainsi la probabilité, liée à la non-détection du canal de contrôle, est celle relative au laps de temps s'écoulant entre le test et l'atterrissage — ce qui peut être très variable.

Un autre avantage de ce dispositif est qu'il accroît et renforce la confiance que doit avoir le contrôleur dans l'ILS tout en procurant un moyen rapide de tester l'équipement sans avoir à se déplacer. La séquence de test automatique est très rapide et ne perturbe pas le signal émis.

— Une remarque importante doit être faite au sujet de ce système. Il est alimenté par des capteurs ou **détecteurs de champ** qui doivent recueillir un signal assez proche que possible de celui reçu par l'avion, ou tout près de celui existant dans la zone où évolue l'avion.

Comme cela est impossible, on se contente de disposer ces détecteurs de champ devant le réseau d'émission. Or nous avons vu que le localiser, qui doit produire un diagramme directif, est de grande envergure (30 m au moins) ; il est en général impossible de disposer les détecteurs de champ assez loin pour que

« l'effet d'ouverture » ne se manifeste pas. De plus, ces détecteurs dits « de champ proche » sont sujets aux effets de survols d'avions au décollage ; il en résulterait une perturbation qui se traduirait par des alarmes intempestives, à moins d'accroître énormément le temps d'intégration du canal de mesure, ce qui est exclu pour la catégorie III où le temps de rayonnement d'un signal erroné doit être inférieur à deux secondes et, si possible, une seconde.

— On a résolu ces problèmes dans l'équipement décrit à l'aide de détecteurs dits « de proximité » qui captent le champ émis par chacune des trois antennes et sont relativement couplés à celles-ci. Les caractéristiques du signal émis sont reconstituées à l'aide de circuits simples et peu nombreux donc stables et fiables. Ces circuits alimentent les canaux de contrôle en parallèle (fig. 6).

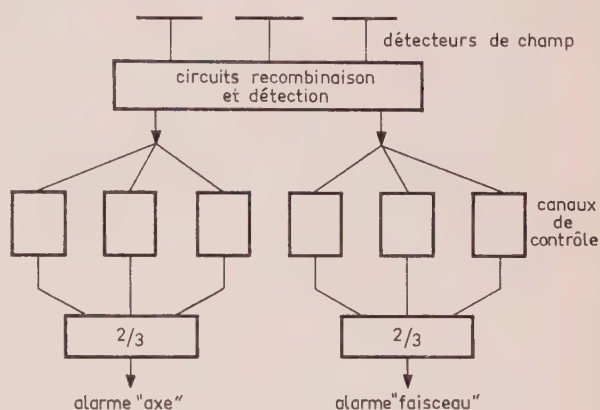


FIG. 6.

— Le même principe a été appliqué dans le cas du radiophare d'alignement de descente, mais le problème des survols n'y existe pas. De plus, il y a toujours une surface de réflexion devant le mât d'émission, suffisante pour y disposer un détecteur d'axe. On a maintenu en conséquence celui-ci en prenant bien soin de le constituer d'une antenne très fiable et bien protégée, de même technologie que celles d'émission.

### 3.5. Bloc-diagrammes. Autres caractéristiques de l'équipement

Nous avons examiné les différents composants du système. Voyons maintenant un bloc diagramme détaillé (fig. 7). Celui-ci fait apparaître :

— Un système d'aériens composé de l'antenne à grande directivité et des antennes de couverture.

— Deux systèmes d'émission identiques qui sont commutables l'un sur aériens tandis que l'autre l'est sur charge afin qu'il puisse être prêt à prendre la relève en cas de défaillance du premier.

— Un système de contrôle qui se compose :

— des détecteurs de champ extérieurs alimentant le dispositif à triple redondance qui contrôle le signal de position de l'axe et celui de la sensibilité,

— un détecteur pour l'émission de couverture associé à deux canaux,

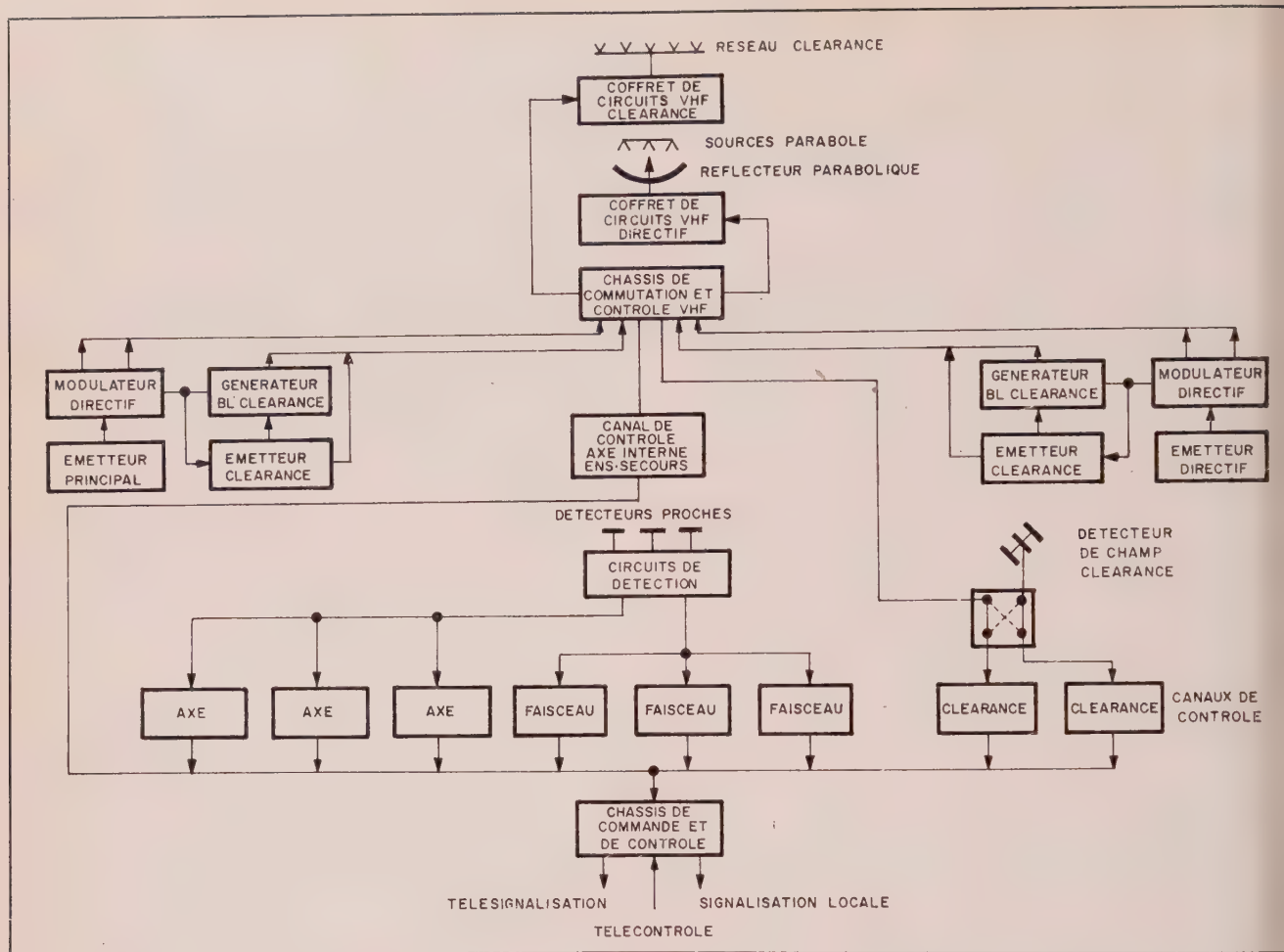


FIG. 7.

— des coupleurs qui permettent de contrôler en permanence le signal alimentant les antennes d'émission et celui correspondant au deuxième ensemble fonctionnant sur charge,

— des canaux de contrôle associés à ces divers détecteurs et qui sont, au total, au nombre de 9.

— Un dispositif logique traitant les informations issues de la télécommande et des canaux de contrôle et déclenchant, selon le cas, le basculement des aériens sur l'ensemble de secours ou l'arrêt de la station et délivrant les signaux d'alarme ou de télécontrôle correspondants, à destination de la tour de contrôle.

— Un ensemble d'alimentation composé, comme il a été dit, de chargeurs-batteries, doublés eux-mêmes, contrôlés par des dispositifs incorporés.

— Le bloc diagramme du radioalignement de descente est tout à fait semblable. Les différences portent évidemment sur le système d'aériens qui est du type monofréquence ou bifréquence, suivant les sites, et sur les systèmes d'émission et de contrôle qui résultent de ces configurations et qui comportent ou non les émetteurs et canaux de couverture (« clearance »), fig. 8.

La conception mécanique de ces équipements a fait l'objet de soins attentifs car la sécurité requise pour un tel matériel impose une maintenance d'un type

nouveau. Il est, par exemple, indispensable que toute facilité soit offerte au dépannage rapide sans pour cela procurer l'occasion de pannes supplémentaires. En conséquence, l'équipement possède les caractéristiques suivantes :

— conception modulaire à partir de cartes à circuits imprimés enfichables,

— accessibilité totale de tous les éléments par portes latérales et arrières à fermeture magnétique,

— tous châssis sur glissières et amovibles en fonctionnement,

— aucune commande de réglage sur les faces avant, évitant ainsi les fausses manœuvres et diminuant la tentation de retouches fréquentes,

— nombreux points de test sans influence sur le fonctionnement,

— appareils de mesure incorporés que l'on peut insérer dans les circuits d'émission et de contrôle,

— mémorisation des pannes au niveau des canaux de contrôle ce qui permet à l'équipe de maintenance de connaître la cause du dérangement bien que le fonctionnement soit redevenu correct au moment où elle intervient.

L'ensemble de l'électronique tient dans une seule baie, à laquelle on doit adjoindre le chargeur et la batterie.

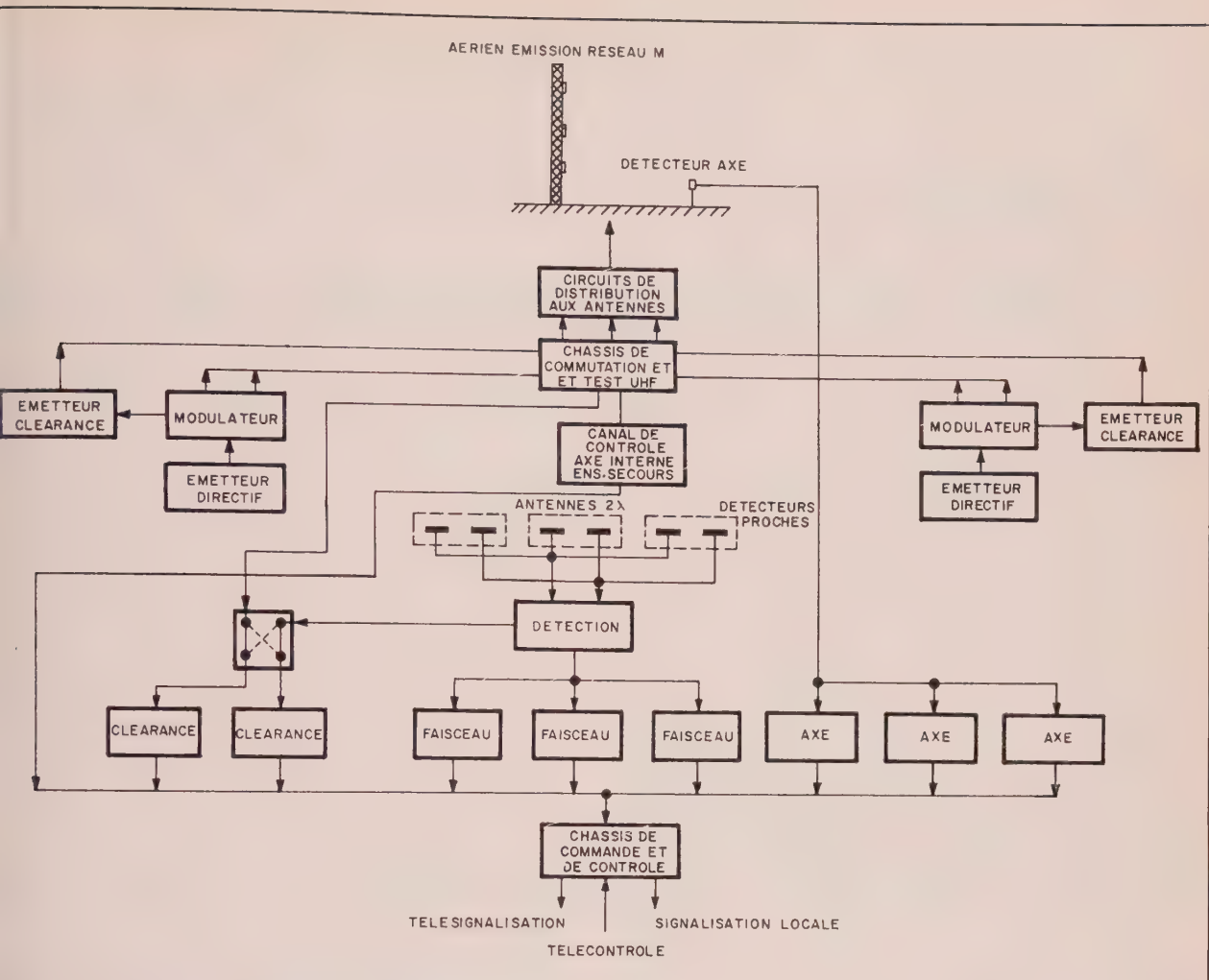


FIG. 8.

Le tout est abrité dans un bâtiment équipé de manière à maintenir une ambiance qui sera aussi saine de la normale que possible. Mais cela n'est qu'une assurance supplémentaire de bon fonctionnement car l'équipement a été conçu pour opérer entre  $-10$  et  $+55^{\circ}\text{C}$ .

### 3. Flexibilité de configuration

Bien que conçu en fonction des performances requises pour la catégorie III, le matériel a été pensé, dès l'origine, pour satisfaire tous les types d'utilisation. Ainsi nous venons de décrire un équipement à redondance double pour l'émission, elle-même constituée de deux ensembles de fréquences porteuses différentes (fréquence) et à redondance triple pour le contrôle. Il est des utilisations qui ne requièrent qu'un système simple aussi bien pour l'émission que pour le contrôle et qui se satisfont du fonctionnement à fréquence unique (monofréquence). Entre ces deux extrêmes, il y a place pour diverses variantes, en particulier celle qui correspond à la catégorie II. Aussi tous

les sous-ensembles que nous avons décrits peuvent-ils s'agencer aisément pour donner la famille complète LS 371 comprenant les diverses configurations. Cela est un atout supplémentaire quand on sait quelle importance a l'adaptation au site pour obtenir la catégorie de performance désirée. De plus, cette conception modulaire et cette flexibilité facilitent les problèmes de maintenance.

### 4. Conclusion

L'équipement moderne LS 371 de catégorie III qui a été décrit est le résultat des études de base et de technologie qui ont été effectuées par la THOMSON-CSF depuis quatre ans en collaboration étroite avec le Service Technique de la Navigation Aérienne. Issu de l'expérience acquise sur les équipements de la génération précédente, il présente toutes les caractéristiques qui, aujourd'hui, permettent de garantir aux utilisateurs l'optimum des performances et la sécurité que l'on doit avoir pour l'atterrissage tous temps.

# Le Sydac, système en bande C compatible avec l'I.L.S.

M. RONSIN

Thomson-CSF. Division Faisceaux Hertziens

## Résumé

L'auteur décrit le matériel SYDAC, qui est un ILS travaillant en bande C. Ce matériel, compatible avec l'ILS classique, réduit à grande partie, les inconvénients apportés par des diagrammes de rayonnement utilisant le sol, la sensibilité aux obstacles latéraux et surtout l'encombrement des installations qui, ne nécessitent pas des travaux d'aménagement du terrain.

## 1. Introduction

Une installation ILS est capable de définir un axe avec une grande précision. Pour une installation de catégorie III. L'écart maximal du radioalignement de piste, mesuré à l'entrée de la piste est de  $\pm 3,5$  m, ce qui correspond, dans le cas d'une piste longue, à mieux qu'un dixième de degré.

Toutefois, le système possède quelques limitations d'emploi :

Premièrement, il ne donne une information angulaire quantitative que dans un secteur étroit de quelques degrés, centré sur l'axe d'approche. En dehors de cette ouverture, l'indication donnée au pilote est uniquement qualitative : trop à droite ou trop à gauche, sans dire de combien. De par sa conception, c'est un système de mesure de zéro qui ne permet de suivre qu'une seule trajectoire, celle où la DDM est nulle.

Deuxièmement, il est sensible aux obstacles latéraux (fig. 1). Si l'on considère l'axe d'approche défini par l'émetteur *E* et le récepteur *R*, un obstacle *O*, placé en dehors de cet axe, reçoit une énergie dans laquelle les taux de modulation ne sont pas égaux

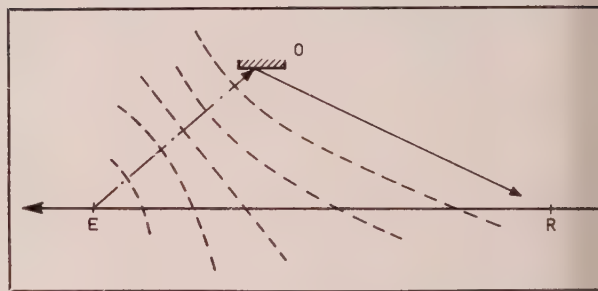


FIG. 1. — Sensibilité aux obstacles.

et en rayonne une partie en direction du récepteur. On obtient ainsi en *R* un signal présentant une erreur. L'amplitude de celle-ci dépend de la surface et du coefficient de réflexion de l'obstacle, de sa position par rapport à l'axe. La période de la perturbation est représentée par l'intersection des franges d'interférence des sources *E* et *O* avec l'axe d'approche *E*.

Etant donné la fréquence de la porteuse, cette période peut atteindre une centaine de mètres. Aux vitesses d'approche classiques, la fréquence correspondante est inférieure au hertz et n'est plus filtrée par la chaîne de bord.

Troisièmement, l'installation est encombrante et des difficultés d'implantation sont parfois rencontrées.

Le réflecteur parabolique de l'antenne « localisatrice » a une envergure de 35 m et une hauteur de 4 m. Le matériel des aériens glide peut atteindre une hauteur de 15 m. Dans tous les cas, les diagrammes de rayonnement sont formés en utilisant l'image des sources par rapport au sol, ce qui impose un plan de sol qui soit vraiment un plan, et par conséquent des travaux de génie civil.

Ces deux derniers points, sensibilité aux obstacles et encombrement, s'ils sont gênants pour les utilisateurs civils, interdisent totalement l'emploi de ce moyen d'atterrissage pour un usage militaire tactique.

Il est toutefois possible, sans toucher au principe, et-à-dire en conservant les qualités de précision du système, de réduire, en très grande partie, les sujétions qu'il impose à l'utilisateur. Ce moyen est l'élévation de la puissance porteuse. Nous l'avons appliqué sur le matériel SYDAC (ILS en bande C) dont le marché a été confié par le STTA à la Compagnie OMSON-CSF.

## Choix de la fréquence porteuse

En ce qui concerne la sensibilité aux obstacles, les choses restant égales par ailleurs, la période d'interférences est diminuée dans le rapport des fréquences employées, donnant des ondulations de quelques mètres linéaires qui peuvent être filtrées par l'équipement de bord. D'autre part, l'élévation de la puissance permet de faire des antennes plus directives, ce qui est un facteur favorable pour diminuer l'éclairement des obstacles latéraux.

En ce qui concerne l'encombrement, la taille des antennes est réduite proportionnellement à la fréquence, ce qui autorise la construction d'antennes utilisant plus l'influence du sol dans la formation du diagramme.

Quelles sont les limitations à l'augmentation de la fréquence porteuse ?

- Les conditions physiques tout d'abord. L'atténuation de propagation croît comme le carré de la fréquence. Elle ne peut être compensée, dans le bilan de liaison, par l'augmentation du gain des antennes que jusqu'à un certain point car il faut bien assurer une ouverture minimale. De plus, les conditions atmosphériques prennent une importance croissante avec la fréquence. Une précipitation de 50 mm/h, sur un trajet de 4 nautiques, entraîne une atténuation supplémentaire de 3,5 dB en bande C, 12 dB en bande X et 25 dB en bande Ku.

- Les conditions pratiques ensuite : stabilité de fréquence requise, prix du matériel, qui augmentent en fonction de la fréquence et de la puissance.

Ces conditions font que nous avons choisi la bande réservée à la radionavigation (5 - 5,25 GHz) qui nous permet d'obtenir des antennes de taille raisonnable (la plus grande dimension est de 1,4 m) et de réserver à l'équipement un coût raisonnable.

## Compatibilité avec l'ILS classique

Le matériel SYDAC est compatible avec l'ILS, c'est-à-dire qu'il rayonne le même signal dans l'espace qu'un ILS classique, à l'exception des fréquences portuses. Le choix de celles-ci a été effectué de manière à n'introduire, dans l'équipement de bord, qu'un minimum d'appareils et à utiliser le récepteur de radionavigation standard. Cela est obtenu en transposant les canaux ILS de 4 900 MHz au sol, et en opérant à bord la transposition inverse à l'aide d'un convertisseur HF.

Le bloc diagramme de l'installation se présente comme suit : (fig. 2).

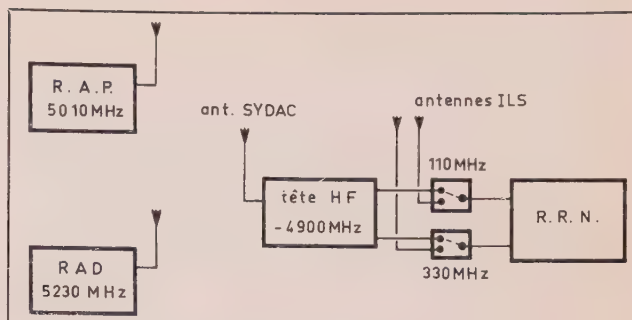


FIG. 2. — Synoptique d'ensemble.

- un émetteur de radioalignement de piste émettant à 5 010 MHz (soit 4 900 + 110 MHz),

- un émetteur de radioalignement de descente émettant à 5 230 MHz (soit 4 900 + 330 MHz),

- à bord, une antenne unique alimente le changeur de fréquence qui effectue la transposition inverse de 4 900 MHz et délivre des signaux à 110 MHz et 330 MHz au niveau voulu pour être utilisés par le récepteur de radionavigation,

- des commutateurs à diodes, insérés dans les liaisons 110 et 330 MHz permettent de brancher ce dernier soit sur le convertisseur, soit sur les antennes classiques VHF et UHF.

Ce plan de fréquence s'inscrit parfaitement à l'intérieur de la bande allouée à la radionavigation (fig. 3).

Le seul problème posé par l'utilisation d'un récepteur de radionavigation standard est celui de la stabilité de fréquence.

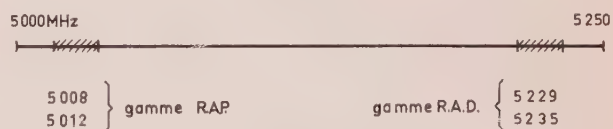


FIG. 3. — Bande occupée.

La précision requise à l'entrée du récepteur est de  $5 \cdot 10^{-5}$  allouant une tolérance de 5,5 KHz sur la voie RAP et de 16 KHz sur la voie RAD. Elle représente, ramenée au niveau 5 GHz, une précision de  $1,1 \cdot 10^{-6}$  en RAP et de  $3,3 \cdot 10^{-6}$  en RAD, qu'il faut partager entre les dérives des émetteurs au sol et la dérive de l'oscillateur local du transposeur de bord.

La répartition a été effectuée en tenant compte de la difficulté d'obtenir un oscillateur stable embarqué pour lequel nous avons alloué une instabilité de  $10^{-6}$ . Ceci donne alors une tolérance de  $10^{-7}$  pour l'émetteur RAP et  $2,3 \cdot 10^{-6}$  pour l'alignement de descente.

## 3. Synoptique de l'émetteur (Fig. 4)

### 3.1. Réalisation des antennes

Plusieurs méthodes peuvent être employées pour réaliser le diagramme voulu :

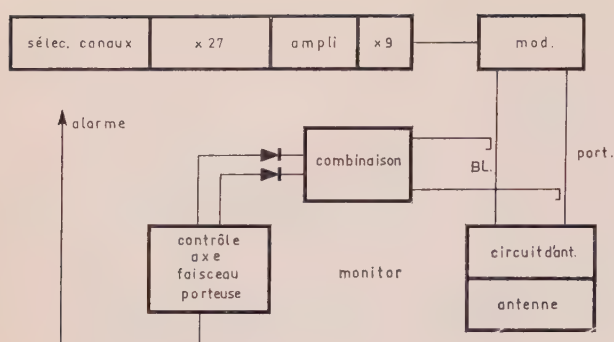


FIG. 4. — Synoptique émetteur.

- Le plus simple est le fonctionnement en équisignal (fig. 5). Ce mode utilise deux antennes dont les diagrammes sont décalés l'un par rapport à l'autre. L'une d'elle est alimentée par une porteuse modulée à 90 Hz, l'autre par une porteuse modulée à 150 Hz. L'axe est donné par le point à équiamplitude des diagrammes.

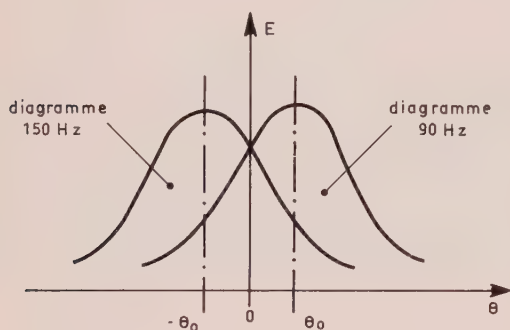


FIG. 5. — Fonctionnement équisignal.

Toute variation dans le gain ou dans la position d'une antenne entraîne une variation de l'axe. De plus, pour modifier la sensibilité angulaire, on est conduit à modifier le décalage angulaire des antennes, ce qui présente une sérieuse complication mécanique.

- Le mode de fonctionnement en « null reference » présente beaucoup plus de souplesse et c'est celui que nous avons retenu pour le SYDAC (fig. 6).

Il consiste à émettre avec la même antenne deux diagrammes différents : un diagramme pair et un diagramme impair possédant un nul de champ avec inversion de phase.

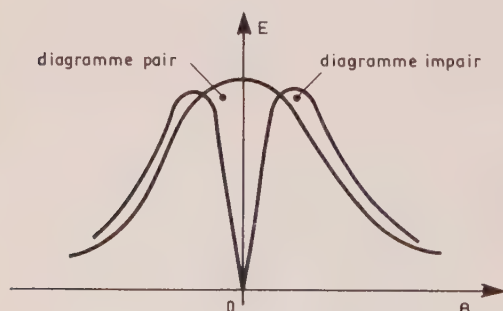


FIG. 6. — Fonctionnement null-reference.

Dans le mode d'excitation correspondant au diagramme pair, l'antenne est alimentée par la porteuse modulée à 90 Hz et 150 Hz avec le même taux. Dans le mode correspondant au diagramme impair, l'antenne est alimentée avec des bandes latérales à 90 Hz et 150 Hz en opposition de phase entre elles. L'axe est ainsi défini par le nul du diagramme impair. Un écart se traduit par une augmentation du taux de modulation à 90 Hz et une diminution du taux à 150 Hz et réciproquement.

### 3.1.1. Principe employé

Nous avons utilisé le principe de l'antenne Chireix en travaillant en polarisation horizontale. La source élémentaire est constituée par une ligne rayonnante en forme de zig-zag, placée verticalement devant un plan réflecteur (fig. 7).

Les côtés sont égaux à  $\lambda/2$  et par rapport à un point d'attaque, les composantes verticales du champ électrique s'annulent.

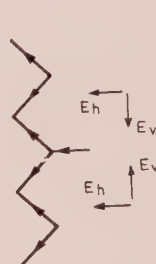


FIG. 7.

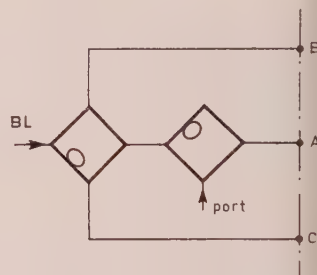


FIG. 8.

### 3.1.2. Caractéristiques

En azimut la couverture réalisée est de  $\pm 15^\circ$  pour le RAP et  $\pm 10^\circ$  pour le radioalignement de descent. En site, la couverture est la même dans les deux cas. Les ouvertures minimales sont de  $\pm 2^\circ$  en RAP et de  $\pm 0,5^\circ$  en RAD. La variation de la pente de descent est obtenue en jouant sur l'inclinaison de l'antenne RAD.

Dans le cas de l'antenne glide, la réalisation de la couverture en site a demandé une longueur de ligne de 1,2 m alimentée en trois points A, B et C (fig. 8).

Le diagramme impair est obtenu en alimentant seulement les points B et C.

La couverture en azimut est réalisée par un alignement de quatre lignes identiques séparées par  $0,45\lambda$ .

Dans le cas du RAP, chaque ligne est alimentée en utilisant l'entrée porteuse pour réaliser la couverture en site. Pour la couverture en azimut, six lignes sont nécessaires. La porteuse est appliquée sur les deux lignes centrales, les bandes latérales sur l'ensemble des six lignes suivant le croquis (fig. 9).

Les deux antennes ont la même forme extérieure dont les dimensions sont de  $40 \times 140 \times 5$  cm y compris le radôme et les circuits de distribution.

### 3.1.3. Circuits de distribution

Ils sont constitués par un assemblage d'anneaux hybrides. La technique de réalisation employée consiste

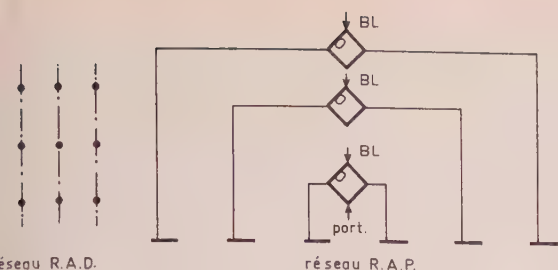


FIG. 9.

se à former un conducteur coaxial à section rectangulaire.

Le conducteur extérieur est obtenu par fraisage d'une plaque d'aluminium. Le conducteur central est obtenu par découpage chimique d'une plaque de cuivre.

La mise au point d'un tel circuit dépend du nombre d'anneaux qu'il contient. Cette solution permet d'obtenir un très faible encombrement, le circuit étant plaqué sur le recto du réflecteur d'antenne (fig. 10).

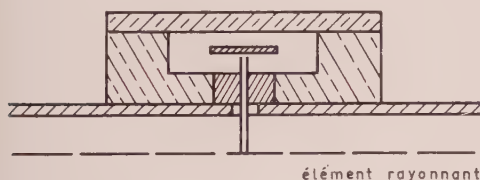


FIG. 10.

## 2. Modulateur

La précision du système est liée à la qualité des antennes mais aussi à la stabilité des taux de modulation. Pour cette raison, la modulation se fait au niveau de la fréquence antenne à l'aide d'un modulateur à circuits passifs, placé entre l'antenne et le générateur hyperfréquence.

Il comprend essentiellement deux voies de modulation : l'une à 90 Hz, l'autre à 150 Hz couplées entre elles par deux anneaux hybrides. Le taux de modulation requis est de 80 % en RAD et 40 % en RAP. La stabilité de ces taux doit être telle que la différence des taux de modulation soit inférieure à  $60 \cdot 10^{-3}$  en RAD et  $11 \cdot 10^{-3}$  en RAP (fig. 11).

Pour l'anneau de recombinaison, on recueille en sortie « somme » une onde porteuse modulée à 90 et à

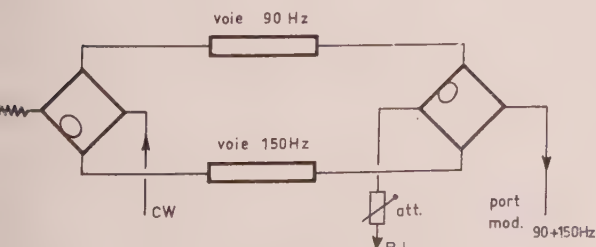


FIG. 11. — Constitution du modulateur.

150 Hz et sur la sortie « différence », des bandes latérales seulement. Cette dernière comporte l'atténuateur permettant d'ajuster la sensibilité du faisceau.

Chaque voie est constituée par un modulateur à déphasage dont le principe est le suivant (fig. 12) : En donnant à deux vecteurs un déphasage symétrique par rapport à une référence, le vecteur résultant a une amplitude fonction du déphasage  $\varphi$ . Pour donner une modulation sinusoïdale, la loi  $\varphi(t)$  s'écrit :

$$\varphi(t) = \frac{1 + m \cos \omega t}{1 + m}$$

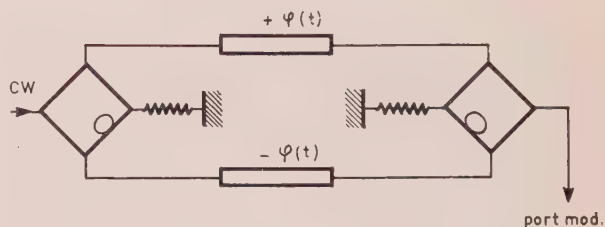


FIG. 12. — Voie de modulation.

Physiquement, ce déphasage est produit par une pale diélectrique tournant dans un guide d'onde. Pour conserver au déphaseur une impédance constante, on travaille non en transmission mais en réflexion par l'intermédiaire d'un coupleur 3 dB sur les sorties duquel sont montés deux guides en court-circuit, recevant deux pales identiques. Chaque voie de modulation comprend donc quatre guides. Les mêmes pales sont utilisées pour le déphaseur « + » et le déphaseur « - ». Les deux voies 90 Hz et 150 Hz sont identiques à l'exception de la vitesse de rotation de l'arbre portant les pales. L'entraînement est fait par un moteur synchrone diphasé, alimenté en basse tension.

Les pertes théoriques sont de 3 dB en RAP et de 5 dB en RAD. Les pertes additionnelles dues aux pales et aux défauts de calage en phase sont de 2 dB.

L'ensemble du modulateur forme un bloc compact de  $280 \times 160 \times 160$  qui pèse 8 kg. La consommation du moteur est de 24 W.

## 3.3. Générateur hyperfréquence

### 3.3.1. Obtention des canaux

Dans le convertisseur de bord, la fréquence de l'oscillateur local est fixe. La sélection des canaux est faite en utilisant le récepteur de radionavigation.

Pour éviter, dans l'équipement au sol, un changement du pilote à haute stabilité lors d'un changement de canal, la fréquence est modifiée à l'aide d'un circuit mélangeur (fig. 13). On effectue le mélange entre le pilote à haute stabilité et un oscillateur à quartz dont la fréquence est très faible devant celle du pilote (1/200). Ainsi, dans la précision de fréquence finale, la stabilité de l'oscillateur à quartz n'intervient que multipliée par le rapport des fréquences. Cela permet d'utiliser un oscillateur à performance moyenne qui peut être changé en fonction du canal désiré.

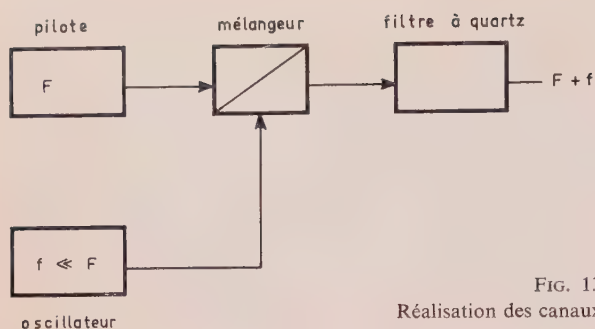


FIG. 13.  
Réalisation des canaux.

### 3.3.2. Amplificateur

Grâce au gain des antennes et à la portée réduite du système (15 milles nautiques en RAP et 10 milles nautiques en RAD), la puissance nécessaire est plus faible que celle d'un ILS classique. Le générateur hyperfréquence doit délivrer au modulateur 400 mW en RAP et 100 mW en RAD.

Pour des raisons technologiques, le mélange pilote + oscillateur se fait au niveau de 21 MHz. La multiplication de fréquence nécessaire pour arriver à la fréquence antenne est de 243. La chaîne est constituée d'une manière classique par trois étages tripleurs à transistors portant la fréquence à  $F_{ant}/9$ . Une suite d'amplificateur apporte le gain en puissance nécessaire à l'attaque du dernier étage multiplicateur par 9 à diode step recovery. Le rendement de ce dernier étage est de 11,5 dB se répartissant en :

- 10 dB pour la diode
- 1 dB pour le filtre de sortie
- 0,5 dB pour le circulateur d'entrée.

### 3.3.3. Identification

La modulation d'identification à 1 020 Hz est appliquée sur la polarisation de la diode step recovery. Cette solution a l'avantage d'être économique. En revanche, elle rend le réglage du multiplicateur plus délicat.

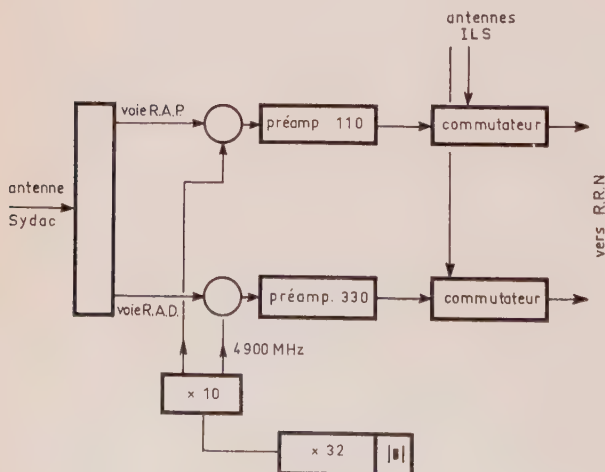


FIG. 14. — Synoptique convertisseur de bord.

### 3.4. Monitoring

On effectue le contrôle de trois paramètres :

1. La puissance d'émission dont la tolérance est de 3 dB.
2. L'égalité des taux de modulation sur l'axe dont la tolérance est de  $60 \cdot 10^{-3}$  et  $11 \cdot 10^{-3}$  respectivement en RAD et RAP.
3. La sensibilité qui est donnée par le rapport entre la puissance porteuse et la puissance dans les bandes latérales (tolérance 20 %).

Ce contrôle est effectué en interne, au niveau des feeders d'antenne. En effet, les puissances mises en jeu étant faibles, il est difficile de placer des sondes à distance pour contrôler le rayonnement émis. D'autre part, la vocation tactique du système permet difficilement d'utiliser des sondes extérieures qu'il faudrait positionner soigneusement par rapport aux émetteurs.

Le monitoring est donc assuré par des coupleurs placés en sortie du modulateur. Des circuits HF permettent de reconstituer artificiellement les conditions existant sur l'axe (égalité des taux de modulation) et sur le faisceau (contrôle de la sensibilité). Une détection donne pour chaque cas le signal BF à contrôler. Les circuits BF sont analogues à ceux d'un récepteur ILS où une comparaison de niveau suit un filtrage des signaux à 90 et à 150 Hz.

La puissance HF est représentée par le niveau continu existant en sortie du détecteur axe.

Un petit circuit logique centralise les états des trois paramètres et arrête l'émission, en cas de défaillance.

### 3.5. Présentation mécanique

Les deux émetteurs ont la même forme. L'ensemble radioélectrique est contenu dans un caisson dont la face avant forme l'antenne. Ce caisson est articulé sur un support contenant la batterie. Le réglage de la pente de descente est fait en jouant sur l'inclinaison de l'émetteur RAD.

Le poids de chaque caisson est de 50 kg pour une dimension de  $50 \times 50 \times 140$  cm.

L'alimentation se fait par batterie 24 V. La consommation est de 4 A en RAP et 3 A en RAD, la différence provenant essentiellement de la puissance émise.

### 4. Transposeur de bord

L'équipement étant basé sur la mesure des taux de modulation d'amplitude, nous avons, dès la sortie d'antenne, séparé les deux voies RAP et RAD par un filtre diplexeur, dont la perte d'insertion est de 1 dB. Chaque voie comprend un mélangeur préamplifié à 110 MHz pour le RAP et à 330 MHz pour le RAD.

La partie commune est constituée par la chaîne d'oscillateur local. Celle-ci est pilotée par un oscillateur à quartz à  $10^{-6}$  dont la fréquence est de 15,3 MHz. Cette chaîne utilise également une partie à éléments actifs composée d'étages multiplicateurs à transistors portant la fréquence à 490 MHz, et d'un étage multi-

générateur par 10 à diode step recovery délivrant une puissance de milliwatts à 4 900 MHz (fig. 14).

Le facteur de bruit est de 12 dB.

Le matériel étant au stade maquette de vérification de principe, la technologie employée est très classique, employant des filtres interdigitaux et des mélangeurs à structure coaxiale. Les nombreuses connexions HF nécessaires augmentent considérablement le volume hors tout du convertisseur qui atteint deux tonnes pour un poids de 2,8 kg.

La seule particularité des commutateurs à diodes doit être commandés à partir d'une seule tension d'alimentation. Ils ne font pas partie intégrante du convertisseur de manière à pouvoir se placer, le plus commodément possible, dans les liaisons HF.

## **Conclusion. Développements envisagés**

Sur le plan des spécifications, nous envisageons une modification des couvertures d'antennes de manière

à rendre le matériel conforme aux normes OACI et à corriger certaines défaillances de couverture mises en évidence lors des essais d'ensemble.

Sur le plan opérationnel, il semble intéressant d'améliorer le rendement du générateur hyperfréquence sol, qui prend la première place dans le bilan des consommations.

Par contre, nous n'envisageons pas une version « solid-state » du modulateur à l'aide de déphaseurs numériques. En effet, pour reconstituer l'enveloppe de la modulation avec la précision requise, il est nécessaire d'utiliser un pas de déphasage de  $11,25^\circ$  qui est très délicat à obtenir à 5 GHz, en raison de l'influence du TOS des déphaseurs.

En ce qui concerne la tête HF, l'emploi de la micro-électronique hyperfréquence doit amener un gain de poids et d'encombrement très appréciable. Les deux mélangeurs et le multiplicateur à diode peuvent être intégrés sur un circuit céramique. Dans l'état actuel de la technique, seul le diplexeur ne peut pas être intégré, en raison des pertes d'insertion réagissant directement sur le facteur de bruit.

# Essais en vol de nouveaux systèmes

J. VEDRUNES

Centre d'essais en vol (CEV) de Brétigny

## Résumé

*Dans les essais en vol de nouveaux systèmes d'atterrissage, on peut considérer trois grandes phases : la mise au point relative aux problèmes liés au vol, l'évaluation des performances techniques et l'évaluation des performances opérationnelles.*

*Une maquette de vérification de principe SYDAC est actuellement en essai au CEV et la deuxième partie des essais en est assez avancée. Les résultats obtenus jusqu'alors sont très encourageants. Le seul problème sérieux est celui des faux axes. Mais la précision des informations de site et de gisement, du moins aux faibles valeurs de site est bonne et la fiabilité semble excellente pour une maquette.*

## 1. Conception des essais en vol des systèmes d'atterrissage nouveaux

### 1.1. Introduction

Confronté au problème de l'évaluation d'un nouveau système d'atterrissage, le responsable des essais en vol est amené à prévoir trois grandes phases d'essais : mise au point, évaluation des performances techniques et évaluation des performances opérationnelles.

### 1.2. Phase I. Mise au point

Les constructeurs de matériels électroniques ne disposent généralement pas de moyens aériens propres et n'ont pas d'expérience aéronautique leur permettant de conduire des essais en vol. La mise au point relative aux problèmes techniques spécifiques du vol est donc effectuée au Centre d'Essais en Vol. Cette mise au point va d'un simple vol de vérification (cas très exceptionnel pour un matériel nouveau) à une succession de vols et de retouches pouvant durer un an et plus.

Pour cette phase, la préférence va vers une installation d'essai souple d'emploi, permettant la visuali-

sation rapide des enregistrements effectués au cours du vol. (En principe, un vol n'est « déclenché » qu'une fois que sont connus les résultats essentiels du précédent). Un instrument de base est l'enregistreur photographique.

### 1.3. Phase II. Evaluation des performances techniques

Il s'agit là de comparer les caractéristiques techniques avec celles figurant aux clauses techniques. Ces clauses doivent évidemment traduire sous une forme mesurable les qualités opérationnelles que les utilisateurs demanderont au système, soit, par exemple :

- Diagrammes des antennes sol et bord pour les problèmes d'acquisition de faisceau,
- Structure d'axe (possibilité, pour le pilote humain ou automatique, de se maintenir sur l'axe),
- Sensibilités d'écarts (pilotage sans à-coups).

Bien que l'on n'ait pas toujours la possibilité de changer l'installation d'essai entre les phases I et II, la préférence va ici vers une installation plus automatisée, permettant des calculs statistiques avec intervention humaine plus réduite. Un instrument adapté à ce genre de travail est l'enregistreur magnétique.

### 1.4. Phase III; Evaluation des performances opérationnelles

Lorsqu'un système nouveau a subi avec succès les épreuves des essais de laboratoire, que la mise au point est acquise dans de bonnes conditions, que les performances techniques sont satisfaisantes, il reste à s'assurer de ses qualités opérationnelles.

On peut diviser cette phase elle-même en plusieurs parties :

a) Evaluation des performances de guidage. Etude statistique des trajectoires de l'aéronef :

- en pilotage manuel, avec ou sans aide au pilotage (directeur de vol),

- avec couplage au pilote automatique du système d'atterrissage.

Les résultats de cette étude servent de base à la qualification du matériel (catégorie I, II ou III).

) Adaptation à l'aéronef. Il est souhaitable de vérifier que le système est adapté aux types d'aéronefs pour lesquels on souhaite l'utiliser : avions de ligne, avions d'arme, hélicoptères, etc.

Cette étude est essentiellement qualitative et peut se réduire à quelques vols donnant lieu à un jugement des pilotes, voire à un avis de ceux-ci formulé au cours des autres phases d'essai.

) Sensibilité à l'environnement. Il est primordial de vérifier que les performances ne sont pas trop dégradées et qu'il n'apparaît pas de problèmes nouveaux, en présence de perturbations « environnementales » : axe d'approche au-dessus d'un plan d'eau, reliefs rapprochés, infrastructure au sol, présence d'autres aéronefs dans le faisceau, etc.

Il importe de vérifier également la compatibilité du système avec les autres matériels radioélectriques susceptibles de se trouver sur les aérodromes et dans les vols.

On doit également étudier l'influence des facteurs météorologiques (nuages, pluie).

## 2. Essais en vol du Sydac

Il ne sera question ici que des deux premières phases, la deuxième étant en cours d'achèvement et les résultats n'en étant pas encore entièrement connus. En fait, la phase de mise au point a été très réduite, le matériel ayant fonctionné de façon satisfaisante dès le premier vol.

### 2.1. Moyens mis en œuvre

Le matériel de bord a été monté pour les premières expérimentations sur un avion MD 312 (Flamant). Un enregistreur Hussenot-Beaudoin recevait les paramètres : DDM (\*) du RAP et du RAD, vitesse aérodynamique, altitude, cap, top de synchronisation VHF et signaux d'apparition des drapeaux. L'expérimentation en cours utilise un hélicoptère type HSS (Eléphant joyeux), équipé d'un enregistreur magnétique Tolana. Sont enregistrés les paramètres : CAG,

(\*) DDM : différence de modulation.

RAP : radioalignement de piste.

RAD : radioalignement de descente.

SDM : somme de modulation.

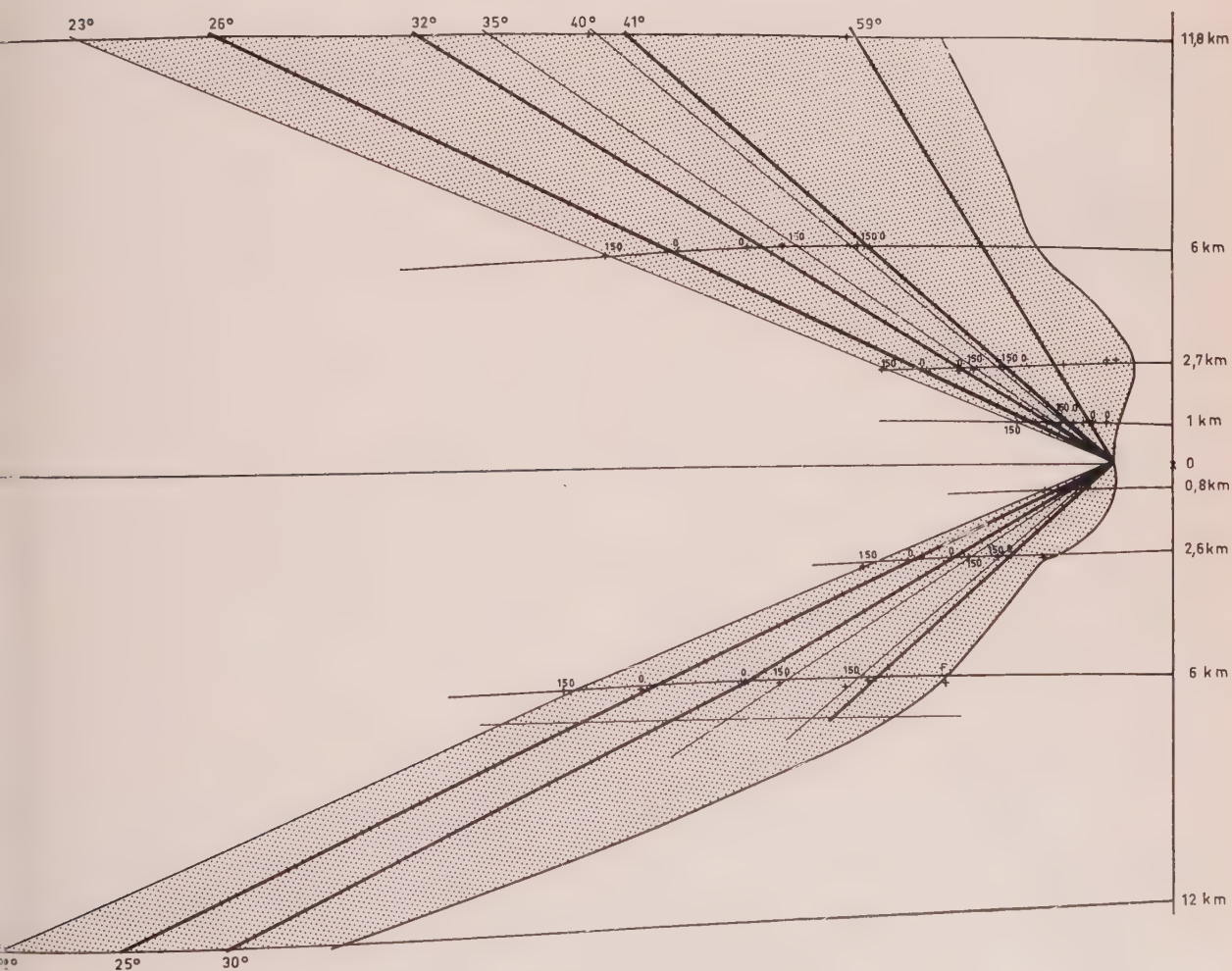


FIG. 1. — Couverture du faisceau LOC en gisement.

DDM et SDM du RAP et du RAD, vitesse aérodynamique, altitude, cap, top de synchronisation VHF. On enregistre, d'autre part, une base de temps codée IRIG B pour le prélèvement des paramètres au dépouillement.

2.2. Résultats des essais en vol du SYDAC

Tous les résultats donnés ci-après ont été obtenus avec un calage du RAP à 3,65 gr.

2.2.1. Couverture

On définit les couvertures comme étant les zones où le drapeau est effacé et où les indications sont correctes, c'est-à-dire ramènent vers l'axe.

La couverture du RAP en gisement (fig. 1) est égale à 50 gr. De plus, on rencontre de faux axes, dont le premier est à environ 28 gr de l'axe vrai.

La couverture du RAD en site (fig. 2) est égale à 6 gr. Le premier faux axe est à 7,2 gr.

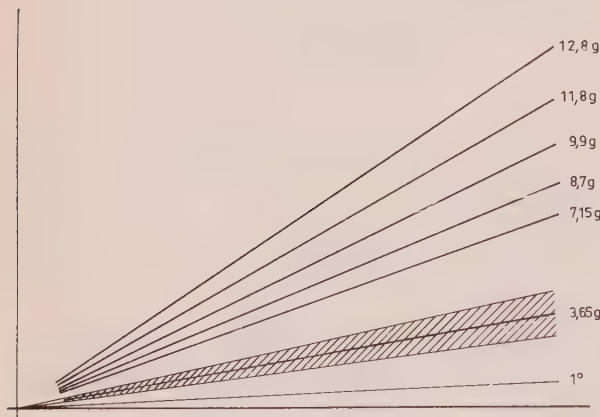


FIG. 2. — Couverture du faisceau GLIDE en site.

La couverture du RAD en gisement est voisine de 40 gr (bord à bord), jusqu'à une distance de l'ordre de 15 km.

2.2.2. Sensibilités d'écart

Les couvertures étant réglées à 1,6 gr pour le RAD et 3,6 gr pour le RAP, les écarts de linéarité sont dans les deux cas de l'ordre de 5/100 gr. Ces non-linéarités ne sont d'ailleurs pas gênantes en pratique.

2.2.3. Temps de réponse

Le récepteur en essai est assimilable à un système du premier ordre ayant une constante de temps de 0,5 s. Cette valeur, bien qu'un peu élevée, est convenable pour les avions. Il y aurait vraisemblablement intérêt à la diminuer pour les hélicoptères, mais ce point demanderait une étude plus approfondie.

2.2.4. Stabilité à long terme de l'axe

Sur 13 approches affectuées au cours de trois vols sans recalage d'axe, on a noté des amplitudes de variation de l'axe moyen de 0,1 gr pour le RAD et 0,3 gr pour le RAP.

2.2.5. Structure d'axe

Pour la restitution de l'axe SYDAC, on procède à la restitution de la trajectoire de l'aéronef au moyen de cinéthéodolites, que l'on compare aux valeurs des écarts RAD et RAP. On synchronise les photos des cinéthéodolites et l'enregistrement de bord au moyen de boîtes de télé-tops associées à la radio de bord, ce qui assure une synchronisation à mieux que 1/100 s. Si, à un instant donné, l'écart du RAP a pour valeur LOC, le gisement vrai GV, le gisement de l'axe SYDAC est donné par

$$G_{AXE} = GV + LOC - r \frac{dGV}{dt} + \varepsilon$$

où  $r$  est la constante de temps du système,  $\varepsilon$  est la correction de parallaxe.

Les résultats d'une descente sont représentés à titre d'exemple sur les figures 3 et 4. En considérant l'ensemble des résultats, on constate que chacune

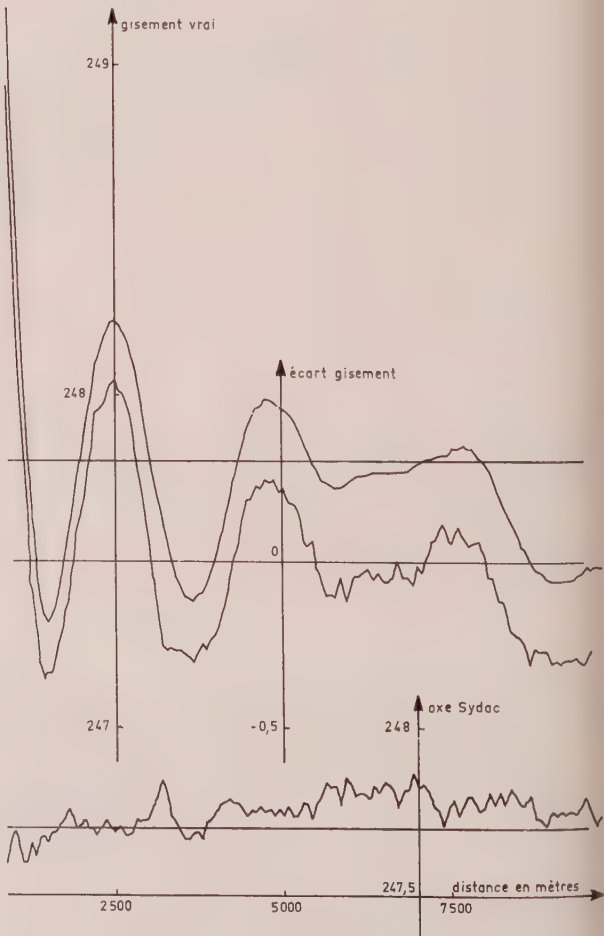


FIG. 3. — Structure d'axe. Vol. 22. Passe 3.

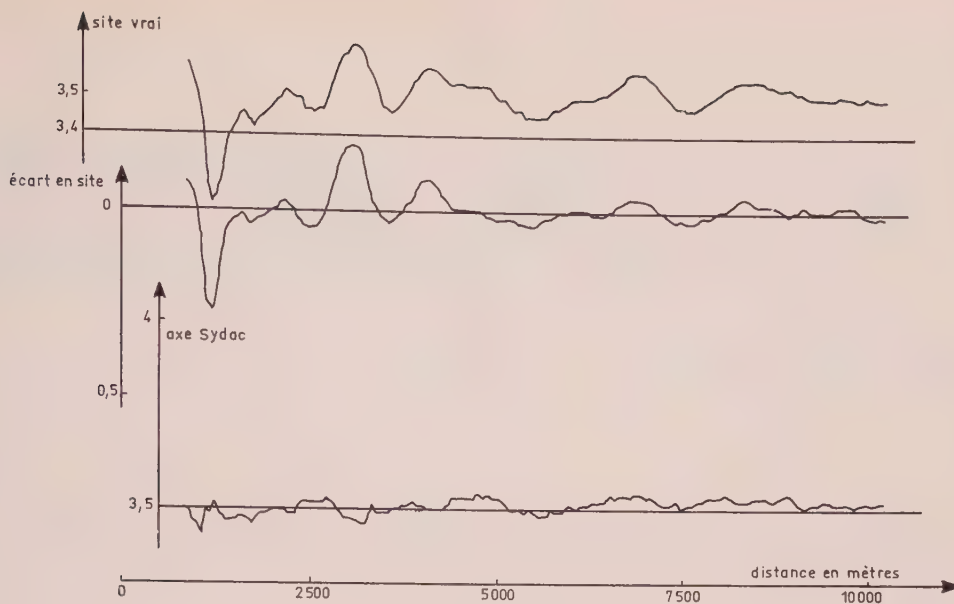


FIG. 4. — Structure d'axe. Vol. 22. Passe 3.

Les courbes s'inscrivent à l'intérieur d'un intervalle de 1 gr pour le RAD et 0,18 gr pour le RAP. Il n'est pas apparu, lors d'un premier examen, de courbure systématique du faisceau. Mais, en fait, les amplitudes indiquées ci-dessus pourront vraisemblablement, lors d'une étude plus approfondie, être partagées en une somme de termes caractérisant respectivement des turbulences de faisceau et du bruit.

## 2.6. Fiabilité

Bien que le matériel en essai soit au stade de maquette de vérification de principe, la fiabilité est excellente, puisque l'on n'a constaté que deux pannes

en 6 mois : un dérèglement de l'oscillateur local de la tête HF et un passage sur alarme inexplicable, de l'émetteur du RAP.

## 3. Conclusion

L'évaluation des performances techniques en vol du SYDAC est en cours d'achèvement au CEV. Les performances du matériel pour les valeurs faibles de site justifient parfaitement la poursuite des essais en vol. Le seul défaut sérieux réside dans les faux axes. Il reste à achever les essais techniques aux fortes pentes et à mener à bien les essais opérationnels.

# Atterrissage tous temps : équipements de bord

## Présentation et synthèse

A. GUIBAUD

*Service Technique de l'Aéronautique (STAé)*

Voici quelques années, quand les mots « pilote automatique » étaient prononcés, tout était dit, on avait fait le tour des automatismes de pilotage. Dans le grand public, on voyait une vague boîte dont le pilote enfonce les boutons pour lui confier l'aéronef.

En somme c'était plutôt Guy l'Eclair et sa fusée...

La réalité de 1970 est assez différente ; les problèmes de sécurité ont pris une importance fondamentale, et dans les problèmes de pilotage, le rôle du pilote est au cœur de la sécurité.

En fait un des secteurs où la sécurité est la plus difficile à obtenir est l'atterrissage en mauvaise visibilité, et c'est la raison pour laquelle ce thème a été retenu pour la demi-journée d'Etudes organisée par la SFER le mercredi 22 avril 1970 à l'Ecole Supérieure d'Electricité.

Et d'abord entendons-nous bien ! On parle souvent d'atterrissage tous temps, d'ATT ; il y a là abus de langage, anodin certes, mais réel. Car, ce contre quoi on lutte avec les dispositifs que vous présenteront les exposés suivants, c'est la gêne météorologique due à la mauvaise visibilité. Cette gêne est quelquefois aggravée par le vent et la turbulence, et il n'est pas forcément interdit de faire de l'atterrissage automatique en ciel clair, mais la mauvaise visibilité est le facteur numéro un qui gêne l'exploitation commerciale et qui fait installer sur les avions les dispositifs complexes et coûteux que nous avons jugé utile et intéressant de vous présenter ici.

Les exposés ci-après s'efforceront de vous faire saisir le détail technique, commercial et réglementaire de ce problème d'atterrissage en mauvaise visibilité, que l'on peut résumer ainsi.

- Premièrement, obstacle à l'exploitation. Si un avion ne peut pas se poser sur le terrain prévu à cause d'une visibilité trop faible, qu'en résulte-t-il ? Pour la compagnie exploitante deux inconvénients commerciaux, dont le plus grave n'est peut être pas les frais entraînés par le détournement, mais plutôt l'image d'irrégularité qui se crée dans l'esprit du public et qui l'empêchera, en mauvaise saison, de faire confiance au moyen aérien. Pour les services de circulation aérienne, il y a perturbation du trafic avec surcharge locale sur les aérodromes de secours.

- Deuxièmement, difficultés techniques. Si l'on diminue la vision du pilote, il faut lui apporter une référence liée au sol qui permette d'éviter les obstacles.

D'autre part, il faut soit lui donner les moyens de guider et de faire atterrir son avion avec cette référence comme il le faisait à vue, soit faire prendre l'avion en compte par un système d'approche et d'atterrissage automatique. Des solutions existent dans les deux cas, et le choix définitif, si tant est qu'il doive y en avoir un, n'est pas encore arrêté.

- Troisièmement, garantie de sécurité et observation du règlement. Les solutions techniques ci-dessus sont connues et appliquées depuis assez longtemps. Mais le frein à une exploitation commerciale généralisée provient des très fortes exigences de sécurité qui l'on impose. Par exemple, ne pas risquer de perdre l'avion et ses passagers plus d'une fois sur dix millions d'atterrissages en mauvaise visibilité. Ces exigences sont indispensables si l'on veut conserver la sécurité acquise, continuer à en persuader le public et permettre ainsi l'accroissement du trafic. Mais leur traduction entraîne pour le matériel et pour les procédures opérationnelles des compromis difficiles entre prix, disponibilité, complexité.

Que peut-on, aujourd'hui, répondre aux questions posées ?

Des réussites comme l'utilisation des Caravelles d'Air-Inter en catégorie III A montrent ce que peut apporter un système d'atterrissage en mauvaise visibilité. Elles montrent également qu'il ne faut pas perdre de vue, c'est le cas de le dire, où s'arrête le gain en exploitation et où commence la sophistication. Malheureusement la frontière est difficile à tracer. Pourquoi ?

D'abord parce qu'il faut de bonne heure faire la synthèse de prévisions souvent inexistantes ou incomplètes. Par exemple, comparer des analyses météorologiques des terrains français avec la variation de rentabilité des lignes aériennes en fonction des visibilités contre lesquelles on se prémunit.

Ensuite parce que les techniciens qui proposent des solutions poussent volontiers, si le client ne les arrête pas, leur matériel à la limite de sa complexité.

Enfin parce que la sécurité que l'on recherche est difficile à obtenir et se mesure mal.

Néanmoins, nous sommes optimistes. Après tout nous sommes le seul pays de l'OACI à avoir deux ans d'expérience en exploitation en catégorie III A et tous nos avions futurs sont prévus pour cette catégorie.

# Ensemble de réception I.L.S. pour l'opération d'atterrissage de la catégorie III

B. DURAND et Cl. LANILIS

Thomson-CSF - Division des Télécommunications (DTC)

## Résumé

Le système décrit dans cet article permet la réception des signaux ILS à bord des aéronefs avec une probabilité de panne catastrophique de  $10^{-9}$  pendant la dernière phase d'atterrissage (environ 20 s avant le toucher des roues).

Cette sûreté de fonctionnement permettant les opérations d'atterrissage tous temps phase III B est obtenue par la redondance des chaînes de mesures et par une surveillance permanente automatique des informations fournies par l'ensemble de réception, associée à une visualisation originale au pilote.

## Introduction

En vue des opérations d'atterrissage tous temps phase III B, le Service Technique de la Navigation Aérienne (STNA) a confié à la Compagnie Thomson-CSF le marché d'étude d'un ensemble de réception dont la sûreté de fonctionnement est compatible avec les objectifs statistiques de réussite de l'atterrissage tous temps.

Jusqu'à maintenant, les systèmes envisagés utilisent des récepteurs ILS donnant des informations assez précises pour satisfaire les exigences de l'atterrissage tous temps, quelles que soient les conditions d'environnement, ces derniers n'ont pas permis d'atteindre la sûreté de fonctionnement nécessaire pour l'effectuer avec une probabilité de panne catastrophique de l'ordre de  $10^{-9}$  (objectif fixé pour la réalisation de la maquette de l'ensemble de réception).

Une étude théorique de fiabilité a permis de faire le choix parmi les différents systèmes possibles, et d'élaborer un ensemble dont la probabilité d'alarme,

représentant la disponibilité du système de réception, permet une exploitation suffisante.

## 2. Choix du système

La solution qui a été retenue considère un ensemble de deux récepteurs d'alignement de piste et deux récepteurs de descente ayant leurs circuits de mesure de la DDM (ou chaînes BF) doublés. L'un des récepteurs de chaque fonction est, de plus, prioritaire (fig. 1).

Cette structure permet une surveillance permanente des deux récepteurs avec une commutation de l'un vers l'autre.

Le choix d'un double récepteur à chaînes BF doublées a été fait compte tenu :

a) d'une étude préalable de fiabilité faisant intervenir :

1) le taux de panne des parties HF des récepteurs et le taux de panne décelable et cachée des chaînes BF.

2) la durée de vol  $\theta$  (période pendant laquelle peut apparaître une panne catastrophique non décelée).

3) la période comprise entre la capture LOCALIZER et GLIDE, et la pose des roues de l'aéronef sur le sol ( $T_0 \approx 300$  s).

4) la durée critique de l'atterrissage  $T$  (bien que variable suivant le type d'aéronef), voisine de 20 s (période d'arrondi).

Afin d'éliminer les termes, non négligeables, dépendant du paramètre  $\theta$ , il a été nécessaire de doubler les chaînes BF (chaîne normale et chaîne dupliquée), de les comparer entre elles à l'aide d'un circuit de surveillance et d'effectuer une séquence de surveillance manuelle au début de la période  $T_0$ .

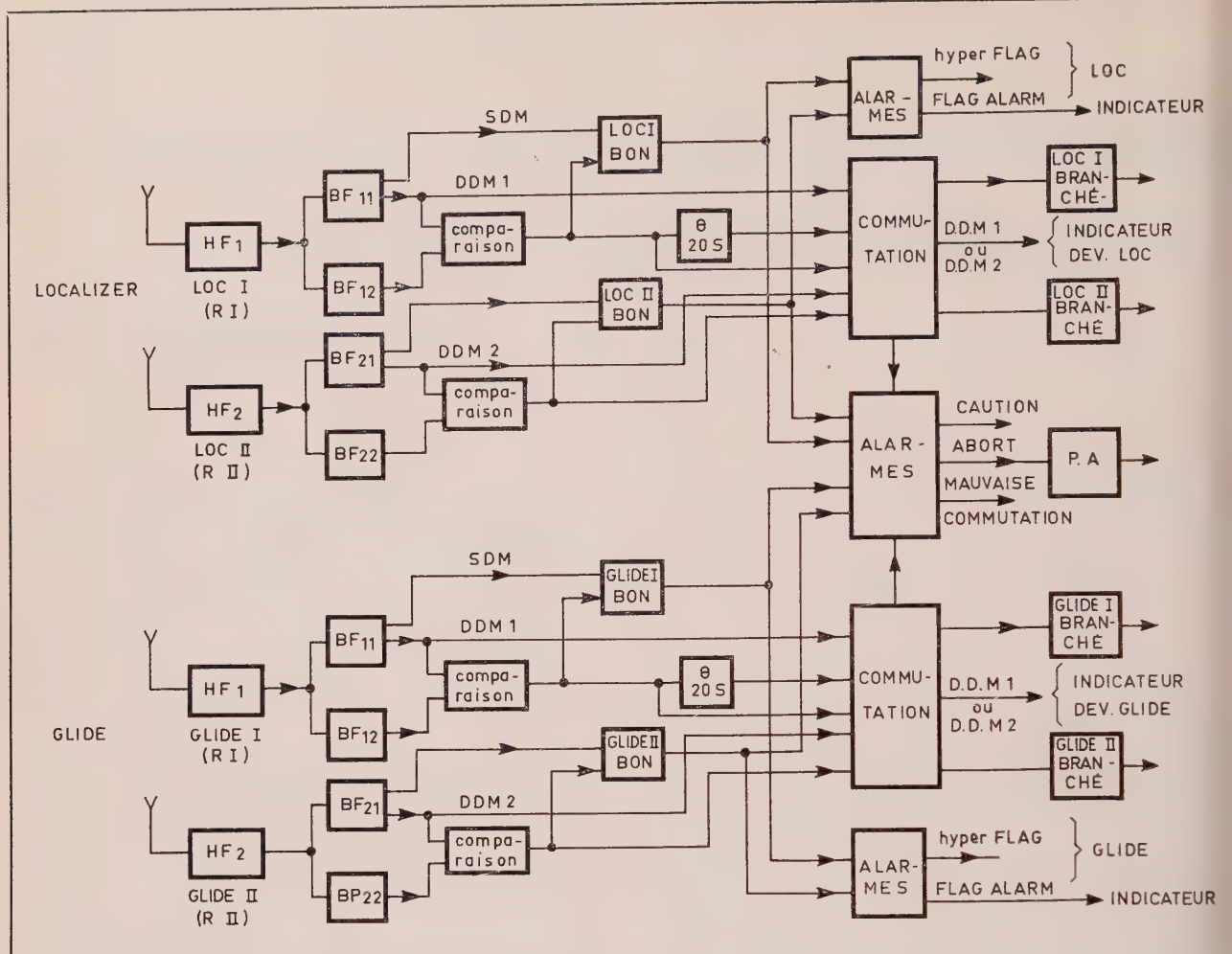


FIG. 1.

b) d'une probabilité d'alarme  $P_a$  pendant la période  $T_0$  relativement faible ( $P_a$  probabilité que l'un au moins des récepteurs soit en panne).

$P_a$  est de l'ordre de  $2,5 \cdot 10^{-5}$  avec des taux de panne HF de  $10^{-4}$  et BF de  $10^{-5}$ , compte tenu des probabilités de panne du circuit de surveillance et de la commutation.

c) d'une probabilité de panne catastrophique ( $P_c$ ) de  $10^{-9}$ .

Cette probabilité correspond aux deux récepteurs en panne durant la période  $T_0$ , ou aux circuits de surveillance ou à la commutation en panne.

Cette valeur  $P_c$  a été obtenue en considérant toutes les défaillances possibles d'une partie quelconque de l'ensemble avec ses conséquences et en ne conservant que celles qui, finalement, entraînent une panne catastrophique avec les hypothèses fondamentales que la phase III B ne peut avoir lieu que si les deux récepteurs sont déclarés bons à l'instant initial de la phase T des 20 s (arrondi), et que l'un des récepteurs est prioritaire.

La mise en équation de  $P_c$  montre que le terme prépondérant est dû à la commutation. Il a donc été nécessaire de faire une redondance des circuits de

commande des relais de commutation et de faire une surveillance visuelle de la commutation bien que cette information d'alarme surcharge les alarmes déjà existantes (alarmes pilote automatique, Flare ILS,...).

### 3. Circuit de surveillance

Le circuit de surveillance comprend essentiellement les comparateurs, les alarmes, une temporisation et une visualisation.

#### 3.1. Comparateurs

Les comparateurs servent à détecter les écarts de DDM entre les chaînes BF doublées des récepteurs (chaîne normale et chaîne dupliquée). Tout écart supérieur à  $\pm 5 \mu A$  au voisinage de l'axe (DDM  $< 2$  dB pour le LOC; DDM  $< 2$  dB pour le GLIDE) déclenche une alarme.

Il y a changement automatique de sensibilité pour des valeurs de DDM supérieures. Ainsi les seuils de commutation ont été choisis à  $\pm 15 \mu A$  pour le LOC

$\pm 30 \mu A$  pour le GLIDE pour des valeurs de DDM respectivement supérieures à 4 dB et à 2 dB.

## 2. Les alarmes

Les alarmes fournies par l'ensemble de réception sont les suivantes :

### 2.1. Alarme « Caution »

Lorsque seule, cette alarme se manifeste, un seul des récepteurs de l'une ou l'autre fonction est en panne.

Cette alarme signifie qu'il y a panne, mais que les informations de DDM fournies au pilote automatique aux indicateurs de déviation sont correctes puisqu'au moins un LOC et un GLIDE sont bons et que le circuit de commutation n'est pas défectueux (alarme non manifestée).

L'alarme CAUTION est commandée par la sortie des comparateurs et par les flag des chaînes normales des récepteurs.

### 2.2. Alarme « Abort »

Cette alarme se manifeste si les deux récepteurs LOC ou les deux récepteurs GLIDE sont en panne. Cette alarme signifie que les indications fournies sont erronées, donc non utilisables.

L'alarme ABORT est commandée aussi à partir des comparateurs et des flag.

Il est à noter que l'alarme CAUTION est manifestée lorsque l'alarme ABORT l'est.

### 2.3. Mauvaise commutation

Cette alarme permet de savoir si la commutation est défectueuse, c'est-à-dire si les relais ont des positions incorrectes tous les deux « au repos » ou tous les deux « au travail ».

Lorsque cette alarme est manifestée, les indications de déviations sont aussi inutilisables.

*Remarque.* — Les alarmes qui viennent d'être décrites sont spécifiques de l'ensemble de réception et seraient suffisantes. Par contre, celles décrites ci-dessous sont des alarmes déjà connues, telles que : « flag-alarm » « hyper-flag ».

### 2.4. Alarmes hyper-flag « Loc » et « Glide »

Ces alarmes se manifestent lorsqu'un récepteur LOC ou un récepteur GLIDE est en panne. (Manifestation simultanée de l'alarme CAUTION).

### 2.5. Alarmes « flag-alarm » « Loc » et « Glide »

Ces alarmes (drapeaux) se manifestent dans le cas où les deux récepteurs LOC ou les deux récepteurs GLIDE sont en panne. (Manifestations simultanées des alarmes CAUTION et ABORT).

Toutes ces différentes données, avec leur importance plus ou moins grande, permettent de déterminer la fonction en panne et d'envisager, en connaissance de cause, les manœuvres à effectuer.

### 3.2.6. Temporisation

En vue d'éviter des basculements intempestifs d'un récepteur sur l'autre en limite de portée ou pendant la période d'arrondi, une temporisation permet de rester sur le second récepteur pendant au moins 20 s même si, entre temps, le premier récepteur est redevenu correct.

### 3.2.7. Visualisation

Des informations supplémentaires fournies par le circuit de surveillance permettent de visualiser, sous forme de voyants, l'état de fonctionnement des récepteurs et leur branchement par rapport aux indicateurs de déviations. Ces indications sont nécessaires pour la phase d'expérimentation en laboratoire et en vol, mais pourront être redéfinies ou simplifiées pour une exploitation normale.

### 3.2.8. Tests ou séquence de surveillance manuelle

Un contrôle déclenché manuellement par le pilote au début de la période  $T_0$ , permet de vérifier le bon fonctionnement des récepteurs, du circuit de comparaison et de commutation.

Le test s'effectue en deux temps :

1. Mise en panne du 1<sup>er</sup> récepteur en simulant un écart de DDM supérieur à  $\pm 5 \mu A$  et une erreur de flag.

On doit alors observer la commutation sur le second récepteur, avec en plus l'inhibition de la temporisation pour éviter que les tests durent trop longtemps.

2. Mise en panne du 2<sup>e</sup> récepteur de la même manière.

Un voyant permet, à la fin du 2<sup>e</sup> test, de vérifier que les informations d'erreurs introduites sont conformes.

## 4. Description des récepteurs « Localizer »

La bande de fréquence couverte est de 108-117,950 MHz (possibilité de couvrir la gamme VOR) par bonds de 50 kHz (provisions 25 kHz). Les récepteurs n'utilisent qu'un seul changement de fréquence, grâce à un synthétiseur de fréquences utilisé comme oscillateur local et dont la précision et la stabilité sont de  $10^{-5}$ . Chaque récepteur est précédé d'un filtre à accord automatique pour l'élimination des fréquences parasites.

La sélectivité est assurée par un filtre à quartz de bande  $\pm 18$  kHz à 6 dB. L'amplification de la fréquence intermédiaire est faite à l'aide de circuits intégrés, ainsi que l'amplification audio.

Les chaînes BF utilisent des filtres passifs pour le filtrage du signal ILS 90 Hz et 150 Hz et la mesure de la DDM ainsi que la mesure de la SDM sont assurées par des circuits intégrés du type amplificateur opérationnel.

## 5. Description des récepteurs « Glide »

La bande de fréquence couverte est de 329,3-335 MHz par pas de 300 kHz (provision 150 kHz). Comme pour les récepteurs Localizer, les récepteurs d'alignement de descente utilisent un synthétiseur de fréquences (stabilité et précision  $10^{-5}$ ). Chaque récepteur est précédé d'un filtre VHF pour l'élimination des fréquences parasites.

La sélectivité est faite à l'aide d'un filtre à quartz de bande passante  $\pm 25$  kHz à 6 dB.

L'amplification de la fréquence intermédiaire est aussi faite à l'aide de circuits intégrés.

Les chaînes BF sont de même conception que les chaînes BF LOCALIZER.

## 6. Conclusion

Cette étude a eu pour aboutissement la réalisation d'une maquette d'un ensemble de réception II pouvant assurer les opérations d'atterrissage tout temps phase III B avec une probabilité de panne catastrophique voisine de  $10^{-9}$ . Cette solution a été choisie parmi d'autres théoriquement possibles, mais elle présente le meilleur compromis entre la sûreté de fonctionnement et la disponibilité du système.

Cette maquette va maintenant être expérimentée en vol. Cette phase permettra :

- de définir le comportement du pilote et les manœuvres à effectuer suivant les types d'alarmes

- d'effectuer un choix parmi les alarmes et les visualisations proposées sur la maquette ou de le redéfinir en fonction des résultats de l'expérimentation

# Le système d'atterrissage tous temps « Sud Lear » installé sur les Caravelle d'Air Inter

P. CANOVA et M. SENTAIN

*Air-Inter*

## Sommaire

Les Caravelle d'Air-Inter sont toutes équipées du système ATT/LEAR et peuvent pratiquer l'atterrissage automatique sur terrains de : Orly, Toulouse, Bordeaux, Lyon, qui possèdent des installations au sol indispensables.

Le nombre de passagers transportés par Caravelle à destination des seuls terrains représente 71,5 % du trafic total Caravelle ; ce pourcentage passe à 91,5 % si l'on y inclut ceux de Marseille et de Nice qui, en raison de leurs conditions météorologiques, ne sont pas justifiables d'une installation ATT au sol.

La régularité des vols étant l'un des soucis majeurs d'une compagnie aérienne intérieure, les pourcentages ci-dessus montrent tout l'intérêt que présente l'atterrissage tous temps pour les passagers d'Air-Inter, malgré le faible nombre d'aérodromes nécessitant des installations au sol correspondantes.

certaines conditions concernant les équipements de bord et leur utilisation par la Compagnie aérienne (qualification des équipages, maintenance, etc.), mais encore que les installations au sol des aérodromes soient suffisantes.

Actuellement les minimums opérationnels de 15 m - 150 m sont praticables par tous les équipages Caravelle d'Air-Inter sur les terrains d'Orly, de Toulouse, de Bordeaux et de Lyon.

Le but de cet exposé est de rappeler brièvement les principes de fonctionnement du système Sud-Lear, de présenter les méthodes d'exploitation mises en place à Air-Inter et les résultats obtenus.

## Introduction

En 1970, la flotte d'Air-Inter se composait de 14 Caravelle, 14 Viscount, 10 Fokker F 27-500, et 10 Nord 262 (exploités par Rousseau-Aviation).

Le réseau comprenait 66 lignes dont 28 lignes principales reliant Paris à la province, 29 lignes transversales et 9 lignes saisonnières.

Le nombre de passagers transportés au cours de l'année 1969 s'est élevé à 2 400 000 environ dont 1 200 000 (soit 50 %) ont été transportés par Caravelle.

Les Caravelle d'Air-Inter sont toutes équipées du système d'atterrissage tous temps « Sud-Lear - type IIIa », qui permet une exploitation avec les minimums opérationnels suivants :

- hauteur de décision :  $H_d = 15$  m (50 pieds),
- Runway visual range : RVR = 150 m.

Pour que ce type d'exploitation soit possible, il est nécessaire, non seulement que soient remplies

## 2. Description sommaire du système ATT Sud-Lear - Principes de fonctionnement

Lorsque le système « SUD-LEAR » a été développé, les Caravelle étaient déjà en service depuis plusieurs années. Cela impliquait donc l'étude d'un ensemble facilement adaptable en « rétrofit » qui comme tous les systèmes d'atterrissage automatique, comprend une partie « guidage » et une partie « sécurité ».

L'amélioration nécessaire du guidage a été obtenue en ajoutant différentes « boîtes noires » qui remplacent la partie calcul du pilote automatique de base « LEAR L 102 » pendant les phases d'approche et d'atterrissage.

La sécurité a été assurée par un aménagement des circuits d'alarme et de surveillance, et par l'adjonction d'une boîte spéciale dite « coffret de sécurité ».

### 2.1. Le système de guidage automatique

La partie « guidage » de l'installation ATT comprend les éléments suivants :

- un coupleur latéral,

- un coupleur longitudinal,
- un calculateur de vitesse verticale instantanée (IVVC),
- deux radio-altimètres TRT,
- un calculateur d'automanette.

Ils permettent d'assurer le guidage latéral et longitudinal de l'avion et le maintien automatique de la vitesse.

### 2.1.1. Le guidage latéral

Pour le guidage sur le faisceau « localizer » le coupleur latéral utilise :

- les informations de base (signal radio et assiette latérale),
- le signal du gyromètre de roulis,
- l'intégrale et la dérivée du signal « localizer ».

Cette combinaison de signaux donne un guidage très serré sans nervosité exagérée des ailerons.

La gouverne de direction n'intervient que pour effectuer le « décrabe » à 15 pieds quand l'angle de dérive est supérieur à 3°.

Les performances de guidage, mesurées avec 95 % de probabilité, au cours des essais de certification, donnent un écart latéral de  $\pm 7$  m à 100 pieds et de  $\pm 4$  m à l'impact.

Les atterrissages automatiques ont été autorisés pour des vents traversiers pouvant atteindre 15 kt.

### 2.1.2. Le guidage longitudinal

Les signaux utilisés dans le coupleur longitudinal sont la vitesse verticale, le glide, l'assiette de tangage, la vitesse de tangage et l'altitude.

L'originalité du guidage réside dans l'utilisation, comme information de base essentielle, du signal de vitesse verticale instantanée élaboré par l'IVVC qui se compose d'un variomètre corrigé par un accéléromètre. Le pilotage en approche se faisant en vitesse verticale, le signal glide n'intervient que sur la forme d'un intégrateur qui corrige le taux de descente préféablement affiché afin de maintenir l'avion sur le faisceau. Cela donne une réponse bien plus douce et une précision dix fois plus grande que celle des coupleurs de glide classiques.

Le signal « glide » est lui-même diminué en fonction de l'altitude afin de maintenir le gain sensiblement constant (extension glide) et il est supprimé à partir de 50 pieds pour permettre l'arrondi.

L'arrondi est élaboré par modification de la vitesse verticale, proportionnellement à l'altitude, à l'aide du radio-altimètre.

Depuis l'embrayage du glide et jusqu'à l'impact aucune commutation ne se produit à l'intérieur du coupleur.

Les performances de guidage ainsi obtenues, mesurées avec 95 % de probabilité au cours des essais de certification, donnent :

- un écart vertical de  $\pm 2,25$  m au passage des 100 pieds théoriques,
- une vitesse verticale moyenne à l'impact de 0,3 m/s avec un écart type  $\sigma$  de 0,1 m/s,

— une distance moyenne d'impact, par rapport à l'entrée de piste, de 600 m avec un écart type de 60 m.

Les atterrissages automatiques ont été autorisés pour des vents arrière pouvant atteindre 10 kt.

Le coupleur longitudinal comporte une fonction « remise de gaz automatique ». Lorsque les manettes de gaz sont poussées à fond, la commande de descente est mise hors circuit et un ordre de vitesse verticale à monter de 750 pieds/mn est envoyé. Le coupleur latéral continue d'assurer pendant cette phase le guidage sur le faisceau « localizer ».

### 2.1.3. Le maintien automatique de vitesse

Le calculateur d'« automanette » assure le maintien automatique de la vitesse d'approche choisie. Il reçoit pour cela un signal d'écart entre la vitesse réelle et la vitesse affichée, et un signal provenant du gyroscope d'assiette longitudinale. Au début de l'arrondi, les manettes sont automatiquement lentement ramenées à la position minimale prévue.

Nous avons exposé sommairement les principes et les résultats du guidage ; la deuxième partie, qui, entre, elle aussi, dans tout système d'atterrissage automatique, est constituée par le système de sécurité.

## 2.2. Le système de sécurité

Devant chaque pilote est situé un « panneau d'alarmes ATT » groupant les voyants « FLAG », « COUPLAGE », « GAZ », « ECART EXCESSIF LOCALIZER », « ECART EXCESSIF GLIDE ».

Ces circuits d'alarme et de surveillance ne sont toutefois pas suffisants pour permettre l'atterrissage automatique. En effet, le système de guidage SUPER LEAR étant composé d'une chaîne simple, c'est le pilote qui, en dernier ressort, assure la sécurité en débrayant le pilote automatique et en effectuant une reprise manuelle des commandes. Il est donc très important que cette reprise en main puisse se faire dans de bonnes conditions et, pour cela, que tout panneau soit « passivé » afin de laisser l'avion dans une situation correcte. C'est le rôle du coffret de sécurité.

Le but essentiel du **coffret de sécurité** est de limiter à des valeurs sûres les mouvements de l'avion. Cette limitation est obtenue en rendant provisoirement inopérant celui des embrayages du pilote automatique qui, s'il était maintenu, tendrait à exécuter l'ordre erroné.

La « neutralisation » de l'embrayage est effectuée sans coupure du circuit, par application de tension en opposition. Le coffret de sécurité reçoit pour cela des informations en provenance des détecteurs de mouvement de l'avion (gyroscopes, accéléromètres, etc.), indépendants de ceux utilisés par le pilote automatique.

Toute anomalie susceptible de nuire à la précision de l'atterrissage provoque une *indication visuelle unique* qui prévient le pilote (voyant à éclat appelé « FLASH » placé devant la glace frontale). En effet, à très basse altitude le pilote n'a plus le temps d'analyser la nature de la panne et il doit toujours exécuter

même manœuvre (reprise en pilotage manuel).  
Pour ces raisons, le « FLASH » est non seulement déclenché par le coffret de sécurité, mais également par les alarmes de guidage « COUPLAGE » et « ECART CESSIF » du panneau d'alarmes ATT.

Le coffret de sécurité peut être décomposé en trois parties, les sécurités latérale, longitudinale et arrondi :

— La sécurité latérale limite l'assiette et la vitesse roulis de l'avion quelle qu'en soit la cause (défaut de défaut des détecteurs, perturbation brutale du faisceau, etc.).

— La sécurité longitudinale limite l'assiette à cabrer, l'assiette à piquer et la vitesse de tangage.

— La sécurité d'arrondi est une protection supplémentaire, la sécurité longitudinale restant active jusqu'au sol.

Mais, il est nécessaire également de vérifier que les informations que le coffret de sécurité reçoit sont exactes et que son propre fonctionnement est, lui aussi, correct. C'est le rôle des comparateurs, des circuits d'auto-surveillance et du circuit de test.

## Exploitation par Air-Inter de l'atterrissage automatique

### Problèmes posés par la mise en exploitation

Air-Inter a été la première Compagnie aérienne du monde à mettre en service un système d'atterrissage automatique, en vue d'obtenir les minimums opérationnels de 15 m de hauteur de décision et de 150 m de RVR. A cette époque les minimums les plus couramment pratiqués étaient de 60 m/600 m.

Un tel abaissement des minimums ne pouvait se concevoir que par étapes et si toutes les sécurités nécessaires étaient prises. Le SGAC, organisme officiel de contrôle et de tutelle du transport aérien en France, a précisé à Air-Inter quelles étaient les conditions à satisfaire pour atteindre les minimums souhaités.

Ces conditions portaient sur :

- la définition de la méthode de conduite de l'avion,
- l'entraînement et la qualification des équipages,
- le fonctionnement du système en utilisation, en particulier « pourcentage d'atterrissages réussis par rapport au nombre d'atterrissages automatiques effectués ».

#### 1.1. Méthode de conduite de l'avion

Dans un but de simplification et surtout de sécurité, la méthode d'atterrissage automatique est aussi simple que possible de celle de l'atterrissage manuel.

La répartition des tâches entre les membres de l'équipage s'effectue de la manière suivante :

- Après l'interception du faisceau « localizer », le Commandant de bord demande la mise en configuration atterrissage (train, volets, etc.) et effectue

les sélections de « modes » pour l'atterrissage automatique.

— A l'interception du faisceau « glide » les coupeurs s'embrayent automatiquement et le Commandant de bord sort les « aéro-freins ».

A partir de ce moment, le système de guidage est en service.

— A 1 000 pieds, les trois membres de l'équipage, le pilote, le co-pilote et le mécanicien vérifient que les indications des radio-sondes, des altimètres, de localizer et de glide sont en concordance.

— A 800 pieds, le Commandant de bord effectue la mise en service et le test du coffret de sécurité. L'avion est alors prêt pour l'atterrissage automatique.

— A partir de 500 pieds, alors que les autres membres de l'équipage continuent leur surveillance instrumentale, le Commandant de bord regarde dehors et se tient prêt à effectuer un atterrissage manuel ou une remise des gaz si l'alarme « FLASH » apparaît.

Toutefois, jusqu'à 200 pieds, un allumage bref du voyant « FLASH » est toléré. En-dessous, tout allumage conduit impérativement à une remise des gaz manuelle si le pilote ne voit pas la piste, ou à un atterrissage manuel s'il est en contact visuel suffisant.

#### 3.1.2. Entraînement et qualification des équipages

Avant de pouvoir utiliser les minimums opérationnels ATT, chaque pilote d'Air-Inter doit se soumettre à un entraînement spécial qui comporte des séances d'instruction théorique et des vols avec visibilité simulée de 100 m.

Le Commandant de bord ainsi qualifié doit encore effectuer en ligne 50 approches automatiques, en visibilité normale, avant d'obtenir les minimums provisoires de 100 pieds/400 m.

Les minimums définitifs de 50 pieds/150 m sont obtenus, enfin, lorsque le pilote a effectué, sous le contrôle d'un instructeur de la Compagnie, un atterrissage automatique avec une visibilité réelle inférieure à 200 m.

#### 3.1.3. Suivi du fonctionnement du système en utilisation

Le compte rendu ATT sert de support de l'information :

— d'une part, pour le dépannage : échange de renseignements entre les pilotes et l'équipe de maintenance au sol et réciproquement (les interventions éventuelles étant mentionnées sur la souche qui reste à bord de l'avion) ;

— d'autre part, pour le suivi opérationnel du système et l'établissement des états statistiques (nombre d'approches, de remises des gaz, pourcentage de réussite, etc.).

Pour rentabiliser l'exploitation, c'est-à-dire diminuer le nombre de déroutements ou de remises des gaz, Air-Inter s'est fixé comme objectif un pourcentage d'atterrissages automatiques réussis de 95 %. Ce pourcentage de réussite qui traduit, en quelque sorte, la fiabilité du système et non la sécurité des approches, est très difficile à tenir tel qu'il est calculé.

Le suivi opérationnel du système SUD-LEAR est assuré en transmettant tous les comptes rendus ATT au centre de traitement mécanographique d'Air-Inter qui établit tous les mois les états suivants :

— Etat des ATT approche par approche et par avion,

— Etat des ATT pour l'ensemble des Caravelle,

— Etat des ATT par aérodrome,

— Etat des ATT effectués par commandant de bord et par copilote.

Le 27 mars 1968, après quatre mois d'exploitation en ligne et 660 atterrissages automatiques effectués en condition de visibilité normale, le SGAC a accordé à la Compagnie Air-Inter les minimums provisoires de 100 pieds/400 m.

Le 6 décembre 1968, plus de 2 000 atterrissages automatiques ayant été effectués et un pourcentage de réussite de 95 % ayant été tenu pendant les trois derniers mois, le SGAC a accordé à la Compagnie les minimums opérationnels définitifs de 50 pieds/150 m.

### 3.2. Résultats obtenus

Depuis la mise en exploitation normale à AIR-INTER du système ATT SUD-LEAR, le 23 novembre 1967, et jusqu'au 28 février 1971, 7973 *approches automatiques ont été effectuées.*

Les résultats obtenus sont les suivants :

— *du 23 novembre 1967 au 31 décembre 1968* (Première période d'exploitation, avant abaissement définitif des minimums) ; 2477 atterrissages automatiques ont été réussis sur 2663 tentés, soit un pourcentage de réussite de 93 %.

Les alarmes apparues au cours des atterrissages automatiques manqués se décomposent ainsi :

- alarmes « intempestives » : 2,3 % ;
- alarmes justifiées : 4,7 %

— *du 1<sup>er</sup> janvier 1969 au 28 février 1971* : (Période d'exploitation normale avec les minimums définitifs de 50 pieds/150 m) :

5026 ATT réussis sur 5310 ATT tentés, soit un pourcentage de réussite de 94,65 %

- alarmes « intempestives » : 1,15 %
- alarmes justifiées : 4,2 %

Depuis que la Compagnie AIR-INTER est autorisée à utiliser le système SUD-LEAR en conditions réelles de mauvaise visibilité et jusqu'au 28 février 1971, 35 *approches automatiques, en ligne, avec passagers*, ont été effectués avec des visibilités RVR inférieures 600 m.

— Deux d'entre elles ont conduit, *quoi qu'il n'ait pas eu d'alarme*, à une remise automatique des gaz en raison de l'absence d'une visibilité suffisante à la hauteur de décision. Ces deux approches étaient effectuées par des Commandants de bord qui, n'ayant pas encore leur qualification complète, étaient limités à une hauteur de décision de 200 pieds.

— Deux autres ont dû être interrompues à cause d'une panne du système ATT, signalée lors de la mise en service et du test du « coffret de sécurité » à 800 pieds.

Les 348 approches restantes se sont déroulées sans alarme ni intervention du pilote.

En fonction de la visibilité RVR rencontrée à l'atterrissage, ces 348 approches se répartissent comme suit :

102 avec une RVR comprise entre 600 et 400 m

144 avec une RVR comprise entre 400 et 200 m

102 avec une RVR comprise entre 200 et 150 m.

# Le pilote automatique de l'Airbus

J. PAGNARD, J. BODIN, Mme H. SALESSY

SFENA

## Résumé

Le Contrôle Automatique de Vol qui équipera l'Airbus, premier avion européen de gros tonnage a été conçu et réalisé en collaboration avec la Société SMITHS IND (GB) et BODENSEWERK GERÄTETECHNIK (RFA). Les auteurs décrivent ce système ainsi que les techniques utilisées.

## Introduction

En novembre 1969, la SFENA a été choisie par l'AÉROSPATIALE, alors SUD-AVIATION, pour assurer la maîtrise d'œuvre de l'étude et du développement de l'ensemble de Contrôle Automatique de Vol (CAV) de l'avion Airbus.

Le choix est la consécration de sa réussite dans les opérations TAPIR et Concorde qui lui ont apporté la fois la connaissance des besoins des compagnies aériennes et celle du travail dans le cadre d'un consortium multinational.

L'ensemble décrit ci-dessous est réalisé en collaboration avec les Sociétés SMITHS IND. (GB) et BODENSEWERK GERÄTETECHNIK (RFA). La première apporte au groupe son expérience dans l'exploitation en ligne d'un système d'atterrissage par mauvaise visibilité sur Trident et la seconde son savoir-faire en matière d'automanette sur Boeing 707. On peut ajouter que les servocommandes de gouverne

sont réalisés par Air-Equipement et qu'ainsi un avion européen de gros tonnage se trouve, pour la première fois dans l'histoire de l'aviation française, équipé d'un système de pilotage automatique dont l'ensemble est de conception entièrement européenne.

Enfin, il convient de mentionner que ce programme bénéficie, par l'intermédiaire de l'Aérospatiale, de l'expérience Caravelle.

## 2. Description du CADV

Par avion, le CADV représente environ 130 1 d'électronique (soit environ 80 000 composants électroniques) et un certain nombre de sous-ensembles électromécaniques (détecteurs d'accélération, de vitesse angulaire, de position, vérins, postes de commande et indicateurs). Le poids total de l'installation est environ 140 kg.

La composition détaillée en est figurée sur la planche 1.

On y remarquera le parallélisme entre les deux « côtés » du CADV dont l'introduction a été nécessitée par la mission particulière de l'avion : étapes moyennes pouvant aller jusqu'à 3 000 km, mais devant pouvoir se terminer par un atterrissage automatique dans les conditions météorologiques de la catégorie III A (200 m de visibilité) ou dans les conditions météorologiques de la catégorie II (400 m de visibilité, plafond de 100 ft), si une panne a eu lieu au départ ou en route.

Ces atterrissages doivent avoir lieu dans des conditions de sécurité au moins aussi bonnes que celles obtenues de nos jours, ce qui se chiffre par une probabilité de panne fatale inférieure à  $10^{-7}$  pour l'ensemble de l'avion, et qui correspond, au niveau du CADV à une probabilité de l'ordre de  $10^{-8}$ .

Article reçu en avril 1971.

La conférence qui avait été prononcée par M. PAGNARD lors de la demi-journée d'études du 22 avril 1970 avait pour sujet « le pilote automatique TAPIR ». Le texte de cette conférence a été publié dans l'Onde Electrique de juin 1969 (vol. 49, fasc. 6, pp. 640-647).

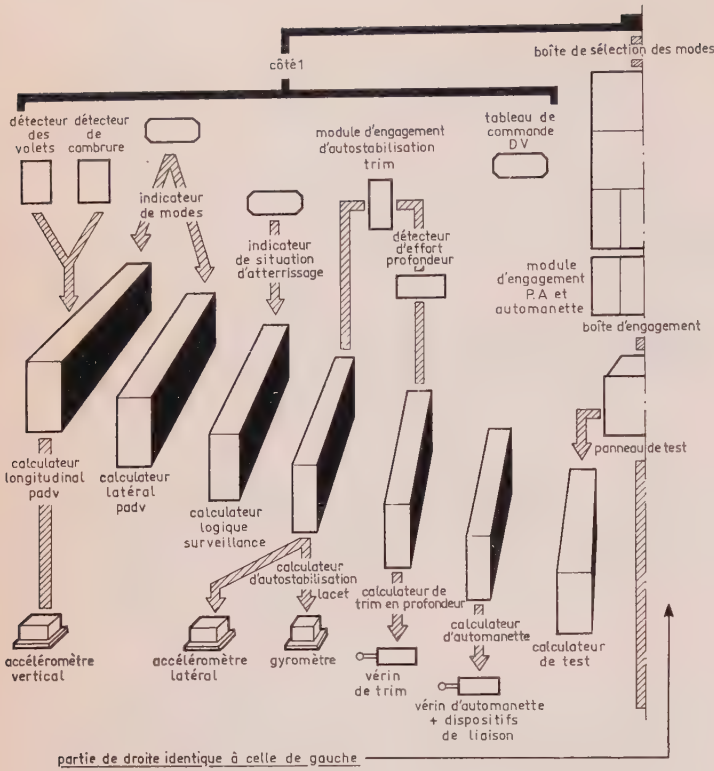


FIG. 1.

Ces deux conditions : atterrissage par des visibilités rendant la reprise en main périlleuse en cas de panne et probabilité de panne très faible, ont donc conduit à adopter une philosophie « double-multiple » pour l'atterrissage (mode LAND) et « double » pour la croisière. L'automanette, dont la survie n'a pas été jugée essentielle pour l'atterrissage au stade actuel de l'évaluation du système, est surveillée mais non doublée.

On remarquera également la part importante faite au système de test et qui répond aux exigences de maintenance. Ce système regroupe en vol toutes les informations en « tout ou rien » intéressant le CADV, informations qui transitent dans l'avion au cours d'un vol. Il en déduit, chaque fois que possible, l'équipement qu'il y aura lieu de changer à l'étape ou, au pire, il oriente les recherches du personnel de maintenance au sol. De plus, au sol, un test automatique peut être mis en route pour vérifier le fonctionnement correct des différentes sécurités.

On notera enfin que l'ensemble CADV est, en fait, décomposé en cinq sous-systèmes qui sont :

- le pilote automatique/directeur de vol (PA/DV) et le stabilisateur de lacet (AS),
- le sous-système de situation d'atterrissage,
- la commande automatique des gaz,
- le trim électrique de profondeur,
- le sous-système de test.

Chacun de ces sous-systèmes est décrit ci-dessous.

## 2.1. Le PA/DV et le stabilisateur de lacet

Le pilote a la faculté de sélectionner le ou les modes de son choix soit sur le poste de commande soit sur certaines commandes de vol. Le CADV choisit alors parmi les signaux d'erreurs fournis par les détecteurs, ceux relatifs au(x) mode(s) sélectionné(s) et les adresse vers les commandes de vol et/ou vers les barres de tendance de l'instrument directeur de vol. Il est important, en effet, de noter que le même calculateur peut fournir les ordres de guidage aux servocommandes — ce qui assure le pilotage automatique — ou à l'horizon directeur de vol (HDI) —

TABLEAU I  
Modes de pilotage

| Modes               | Désignation                                | Phases                                                          |
|---------------------|--------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| Modes de base       | Maintien d'assiette (PITCH)                | —                                                               |
|                     | Maintien cap/assiette (ROLL)               | —                                                               |
| Modes longitudinaux | Maintien d'altitude (ALT)                  | —                                                               |
|                     | Maintien de vitesse (IAS)                  | —                                                               |
|                     | Maintien de Mach (MACH)                    | —                                                               |
|                     | Vitesse verticale de descente (DESC)       | —                                                               |
|                     | Acquisition d'altitude (ALT ACQ)           | ARM<br>CAPTURE                                                  |
|                     | Présélection de vitesse (IAS et SPEED SEL) | —                                                               |
| Modes latéraux      | Présélection de cap (HDG SEL)              | —                                                               |
|                     | VOR - LOC (V/L)                            | ARM<br>CAPTURE<br>TRACK                                         |
|                     | BACK BEAM                                  | (CADV seulement)                                                |
|                     | Navigation auxiliaire (A. NAV)             | en option                                                       |
| Modes communs       | Approche (APPR)                            | GLIDE ARM<br>GLIDE TRACK<br>LOC ARM<br>LOC CAPTURE<br>LOC TRACK |
|                     | Turbulence (TURB)                          | (en PA seulement)                                               |
|                     | LAND                                       | ARM<br>TRACK<br>FLARE                                           |
|                     | Remise de gaz (GO ARND)                    | —                                                               |
|                     | Pilotage transparent (CWS)                 | —                                                               |

qui permet au pilote de piloter lui-même son avion à partir d'informations de tendance.

Les modes à la disposition du pilote sont donnés sur le tableau I. On y remarque les *modes de base* qui sont ceux obtenus à l'engagement du PA. Ils correspondent à la surveillance des mouvements autour du centre de gravité de l'avion. La trajectoire est contrôlée par 15 modes longitudinaux, latéraux ou communs différents.

Le mode « Pilotage Transparent » (CWS) s'obtient par l'action sur une palette montée sur le manche, qui entraîne la déconnexion momentanée des servomoteurs et la possibilité de piloter normalement l'avion. Cette fonction est obtenue sur le ou les axes dans lesquels le PA est actif en mode de base. Lorsque la palette est relâchée, les servomoteurs engagent automatiquement.

Pour tous les modes, à l'exception de LAND, le CADV fonctionne en utilisant un seul côté PA, les deux chaînes de calcul avec vote double actionnant un servomoteur monitoré (fig. 2). La sécurité de l'avion est alors assurée par l'intermédiaire des limitations d'amplitude et de vitesse de la commande, des moniteurs de la position du servomoteur et d'une limitation d'effort dans la timonerie. Le deuxième côté PA est en synchronisation et peut, à la demande de l'équipage, remplacer le premier PA.

Pour le mode LAND, le CADV travaille avec quatre chaînes de calcul en tangage, roulis et lacet (fig. 3). Quatre voteurs sont placés à la sortie de ces chaînes. Deux des sorties voteurs actionnent les deux servomoteurs électro-hydrauliques et les deux autres sont utilisées comme image pour monitorer chaque servomoteur.

Pour faciliter la tâche du pilote, un panneau spécial appelé « indicateur de modes » lui annonce les modes

sélectionnés et les phases dans lesquelles se trouve le système.

A l'atterrissage, un autre panneau complète ces informations (§ 2.2.)

**La stabilisation de lacet** est une fonction essentielle qui doit normalement être engagée pendant toute la durée du vol, manuel ou automatique. Elle est conçue pour assurer la survivance à sa première panne et la passivation de la seconde. L'arrangement est semblable à celui de la figure 2 mais, dans ce cas, les deux servomoteurs électro-hydrauliques sont simultanément actifs, une panne entraînant le débrayage automatique de la chaîne incriminée.

Enfin l'axe de lacet, en pilotage automatique de croisière, est, de plus, contrôlé par un servomoteur et une chaîne spéciale assurant un amortissement et un trim de gouverne en cas de panne moteur. Dans le mode LAND, le même arrangement que sur les autres axes est assuré pour la redondance et cette chaîne assure l'alignement de l'avion avec l'axe de la piste.

Les détecteurs suivants sont associés au pilote automatique :

- deux centrales de verticale monitorées,
- deux centrales de cap indépendantes partiellement monitorées,
- deux radio-altimètres monitorés,
- deux récepteurs ILS monitorés,
- deux récepteurs VOR,
- deux affichages de route-radio indépendants et redondants,
- deux centrales anémométriques partiellement monitorées.

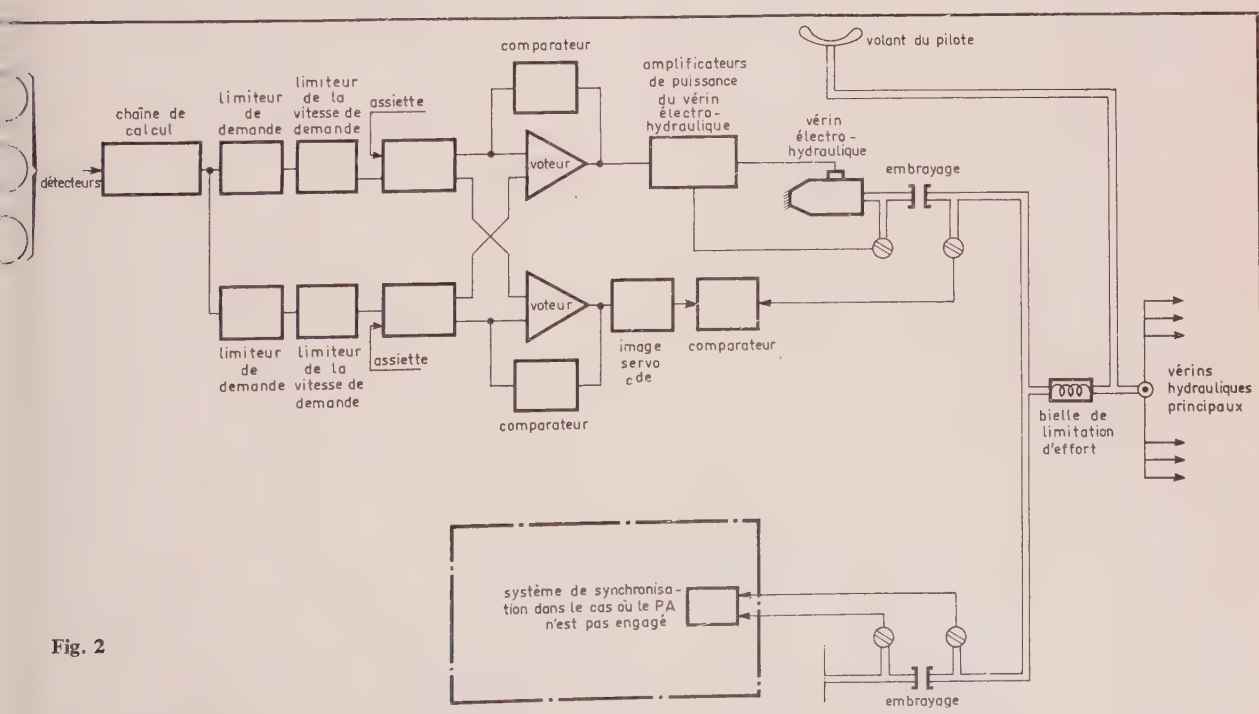


Fig. 2

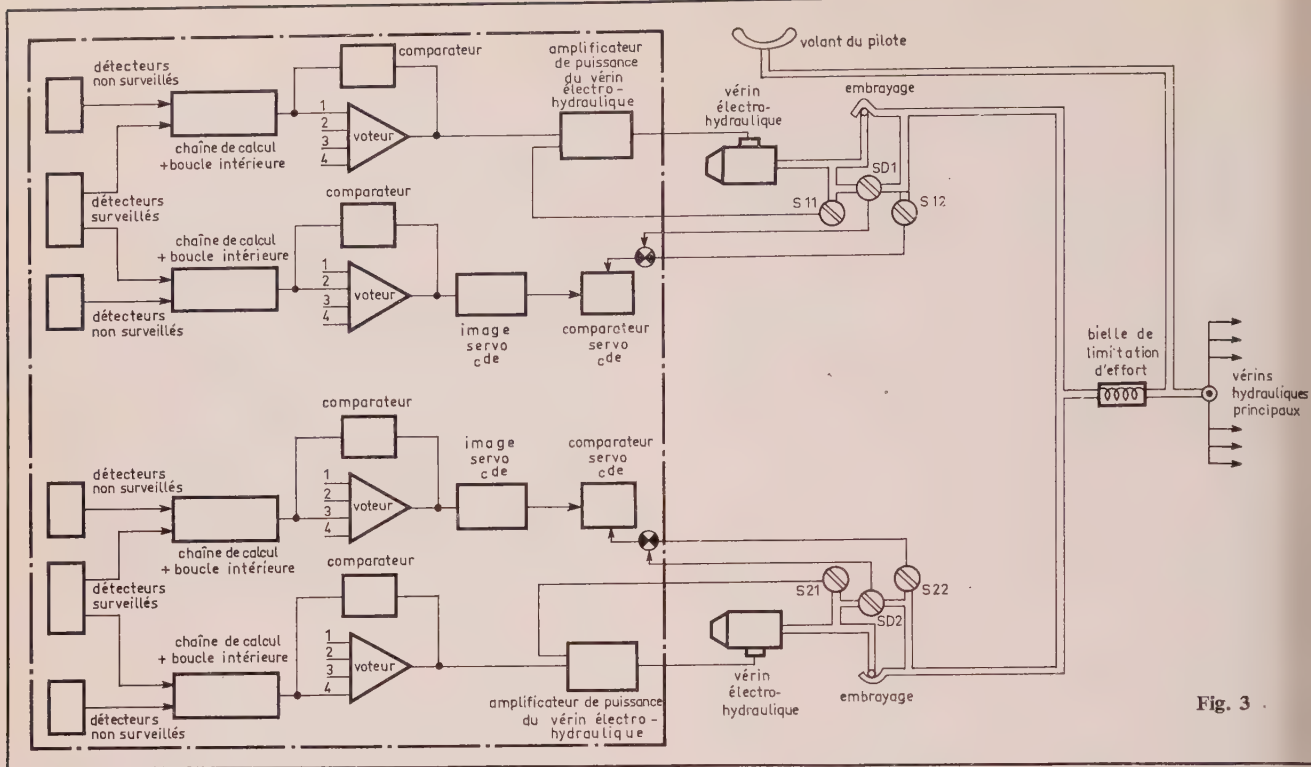


Fig. 3

## 2.2. Sous-système de situation d'atterrissage

Ce système comprend deux voies de calcul et deux indicateurs. Il indique à l'équipage, pendant la phase d'atterrissage :

- la capacité du système, compte tenu de son niveau d'intégrité,
- une déviation excessive par rapport à l'axe de radioguidage,
- une alarme au cas où le pilote serait à une altitude plus basse que celle autorisée par son niveau d'intégrité,
- une indication de non fonctionnement à l'atterrissage de l'axe de lacet du PA,
- un ordre de reprise en main lorsque le PA ne doit pas être utilisé plus longtemps.

Sa conception est telle que la probabilité d'information erronée soit très faible.

## 2.3. Surveillance automatique de gaz (AT)

La figure 4 montre la structure de cette chaîne monitorée. Un seul servomoteur actionne, à travers deux embrayages, les deux leviers de gaz. Un élément à friction, placé entre l'embrayage et chaque levier, assure au pilote la priorité sur l'AT.

Les fonctions remplies sont la tenue de la vitesse à l'engagement, ainsi que l'acquisition et la tenue d'une vitesse affichée.

## 2.4. Système de trim électrique

Ce système assure le déplacement du plan horizontal réglable afin d'annuler l'effort au manche.

Deux possibilités :

- en pilotage manuel, le pilote peut trimer grâce à un basculeur placé sur le manche.
- en pilotage automatique, le système agit en fonction de la détection d'effort en profondeur.

Un ajustement du trim a également lieu en fonction du nombre de Mach.

La redondance est assurée, grâce à l'emploi de deux chaînes monitorées, commandant chacune un vérin de trim, la chaîne valide venant remplacer la chaîne devenue défaillante. Un élément à friction placé entre chaque embrayage et la timonerie, assure au pilote la priorité sur le système en cas d'action sur le volant de trim.

## 2.5. Sous-système de test (fig. 5)

Il comprend deux calculateurs et un panneau regroupant les boutons de commande et les indicateurs et assure le double rôle de localisation du panne pour la maintenance et de test automatique au sol des éléments de sécurité, afin de conserver au système son niveau d'intégrité.

En vol, il collecte un certain nombre de données et les analyse : état de points de test, signaux logiques internes, signaux logiques venant des périphériques.

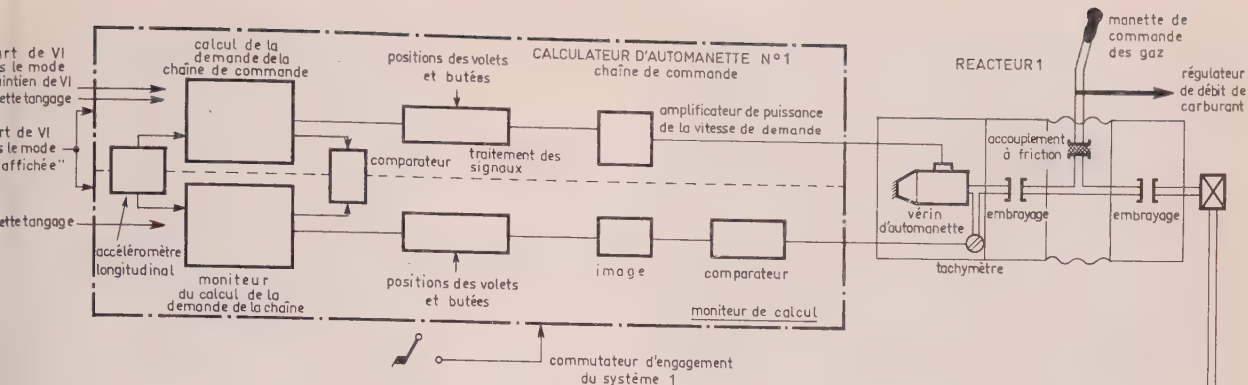


Fig. 4

la permet la localisation de la panne au niveau LRU (replaceable unit) par indication d'une part sur un panneau, d'autre part sur la face avant du calculateur défectueux.

Au sol, il est possible, soit d'afficher les informations de défaillance mises en mémoire dans le calculateur de test, soit de déclencher une séquence de test automatique.

Ce système est auto-testé en permanence. Il est entièrement numérisé et présente beaucoup de souplesse d'utilisation, grâce au programme placé dans la mémoire à tores.

La duplication du système permet d'une part d'éviter la perte d'intégrité, d'autre part de conserver la parfaite ségrégation entre les sous-ensembles, le but à atteindre étant de réduire au minimum le taux de pannes injustifiées.

### 3.1. Sous-ensembles électro-mécaniques

Chaque fois que cela est possible, les sous-ensembles choisis sont ceux qui ont fait leur preuve sur d'autres programmes tels que (Concorde, Trident, B 707, Fokker).

### 3.2. Calculateurs

Les calculateurs travaillent en courant continu et une utilisation intensive est faite d'amplificateurs opérationnels, de circuits hybrides et de circuits MSI.

Les principaux circuits standards sont :

En analogique: démodulateurs, limiteurs, comparateurs, changement continu de gain, détecteurs

## Techniques utilisées dans le CADV

Les technologies utilisées sont celles permettant d'atteindre le MTBF le plus grand possible tout en standardisant au maximum les composants.

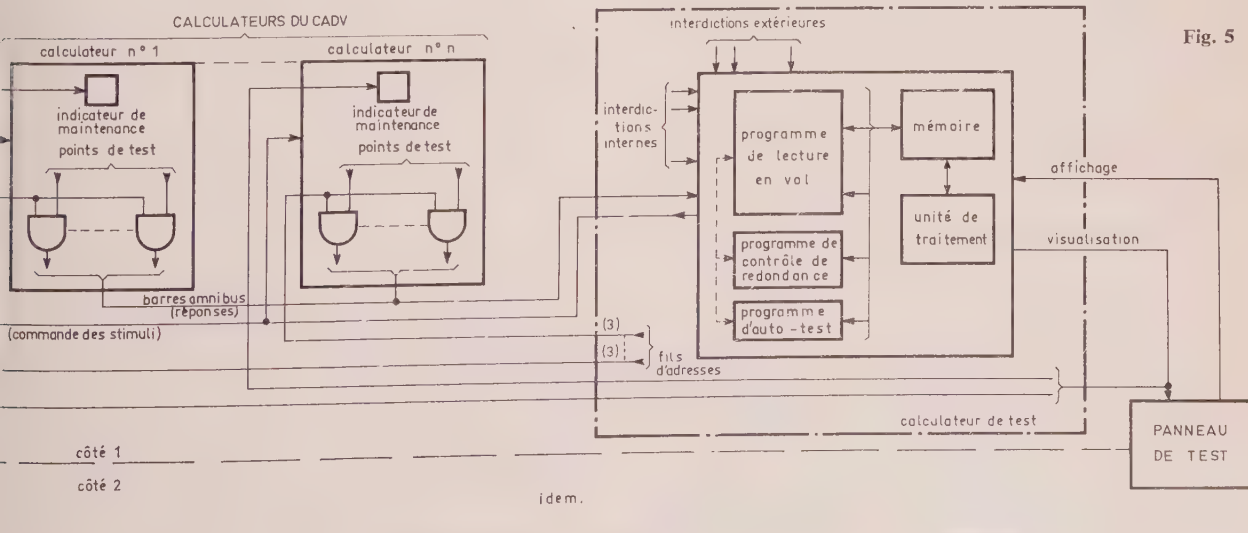
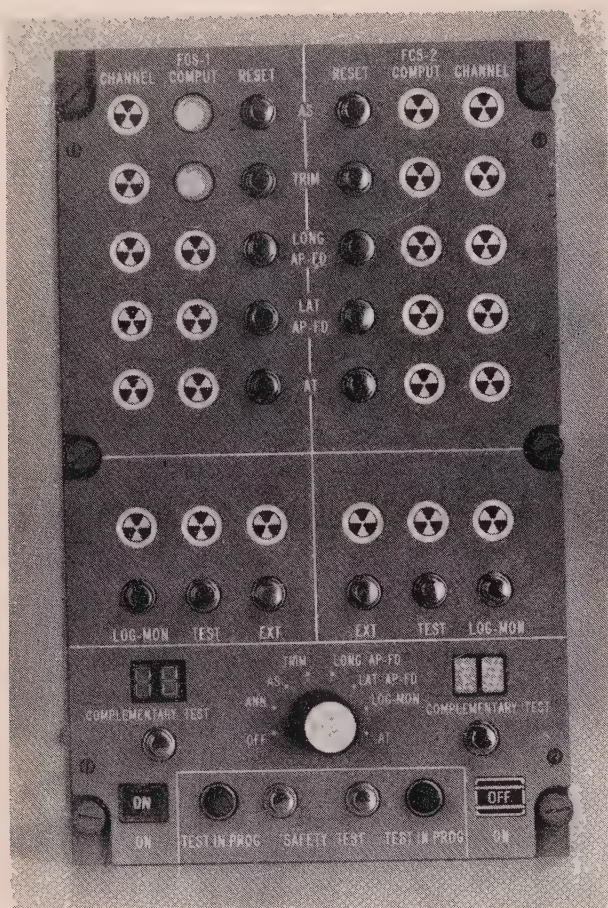
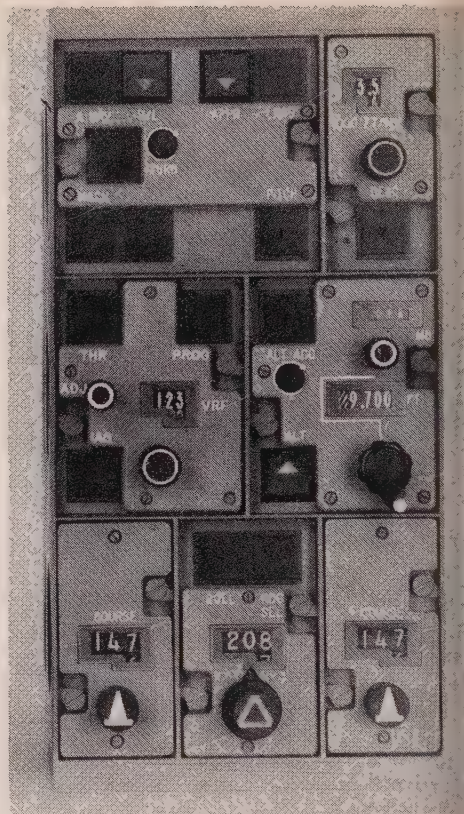


Fig. 5



◀ Panneau de test.



Poste de commande. ▶

de niveau, sommateurs avec entrée commutable, voteurs.

En logique : portes ET, OU, VOR, NAND, flip-flop, mémoires mortes, monostables, compteurs, multiplexeurs, portes de puissance, mémoires à accès aléatoire, décodeurs.

Les fonctions suivantes sont traitées par des circuits hybrides : démodulation, commutation, ajustage de gain, comparaison, détection de niveau.

Tous les circuits logiques PA ont été regroupés dans un même boîtier dialoguant en langage codé avec les calculateurs analogiques ; ceci a permis un gain de place, de MTBF et de prix.

La technologie utilisée est à base de cartes enfichables à connecteur latéral, circuit imprimé double face, soudure à la vague. Les boîtiers sont au standard ARINC 404 et portent sur la face avant les prises de test permettant le contrôle automatique.

### 3.3. Moyens utilisés pour l'étude

Au niveau des études et du développement, une utilisation intensive de programmes sur ordinateur a permis d'accroître la capacité de travail des équipes et de mettre en place des moyens utilisables sur de futurs programmes. Il s'agit, entre autres : du traitement des interconnexions avion (3 500 fils) ou internes aux unités (100 à 2 000 fils par unité), des nomenclatures, commandes de composants, calculs de fiabilité (100 000 composants), de plans de

perçage de circuits imprimés (200 cartes), de calculs de tolérances, des résultats statistiques des performances

## 4. Conclusion

Les commandes automatiques du vol réalisées pour l'Airbus bénéficient donc, d'une part de l'expérience du système, acquise par les trois sociétés du groupe, d'autre part des progrès technologiques réalisés au cours des dernières années. Pour atteindre les objectifs parfois contradictoires du programme — simplicité, souplesse, disponibilité, sécurité, performances, fonctions nombreuses, possibilités d'options, maintenance aisée et enfin prix compétitifs —, un choix permanent et minutieux des compromis techniques doit avoir lieu.

Le déroulement du programme est conçu pour tenir compte des impératifs de l'avionneur et les dates-clés suivantes ont été retenues pour le CADV :

— Premier système de développement : juillet à septembre 1971,

— Quatrième système de développement : avril à septembre 1972,

— Premier ensemble de série : 1<sup>er</sup> trimestre 1973.

Ce programme, d'autant plus serré que, pour répondre aux besoins des compagnies aériennes, plusieurs options ont dû être développées et présentées au stade prototype, bénéficie de la bonne coordination existant entre l'Aérospatiale, ses sous-traitants et ses futurs clients.

# Le système d'atterrissage automatique de Concorde

R. DEQUE

SNIAS, - Toulouse

## Résumé

Après avoir rappelé les objectifs que les constructeurs de l'avion ont fixés pour l'utilisation de l'avion par mauvaise visibilité, l'auteur décrit brièvement les systèmes mis en œuvre pour répondre à ces objectifs. De nombreuses études et essais ont été effectués pour mettre au point ces systèmes. Ces études et essais doivent conduire à la certification pour utilisation en compagnie. Cette certification, compte tenu des règlements franco-britanniques, repose en partie sur des démonstrations probabilistes. Les méthodes que les constructeurs pensent utiliser pour ces démonstrations sont illustrées par un exemple.

## Introduction

Les investissements et les coûts d'exploitation pour l'avion de transport moderne sont tels qu'il faut s'efforcer d'améliorer au maximum la régularité d'exploitation et de la rendre le moins possible dépendante des conditions atmosphériques.

De plus, en raison de la complexité toujours croissante des avions et de leurs systèmes, complexité qui est le résultat de l'amélioration des performances, il est souhaitable d'en automatiser au maximum la conduite.

L'automatisation a essentiellement pour but de diminuer la charge de travail des équipages et par là augmenter la sécurité des vols.

Ces deux raisons nous ont conduits à développer pour le CONCORDE un système de pilotage automatique capable de contrôler l'avion dans toutes les phases de vol, à l'exception du décollage. Parmi ces phases de vol, l'atterrissage est certainement celle pour laquelle le pilotage automatique doit être le plus soigneusement étudié, aussi bien du point de vue performance que de sécurité.

Nous allons, après avoir rappelé les objectifs, examiner les moyens mis en œuvre pour assurer

l'atterrissage automatique et de façon plus générale l'atterrissage par mauvaise visibilité de l'avion de transport supersonique CONCORDE.

## 2. Objectifs

En accord avec les futurs utilisateurs, les objectifs suivants ont été fixés :

— Dans sa version de base, l'avion doit être capable d'atterrir automatiquement dans des conditions de visibilité incluant la catégorie III A, c'est-à-dire 200 m (700 ft) de visibilité horizontale (RVR).

— Sa définition doit permettre des possibilités de développement pour une utilisation éventuelle dans des conditions de visibilité allant jusqu'à la catégorie III B, c'est-à-dire 50 m (150 ft) de visibilité horizontale (RVR).

— L'avion doit être capable, après une panne simple en route, d'effectuer des approches automatiques dans des conditions de visibilité incluant la catégorie II, c'est-à-dire 400 m (1 200 ft) de visibilité horizontale et 30 m (100 ft) de hauteur de décision.

— Au cours du déroulement des phases de vol automatiques, le pilote doit pouvoir disposer, dans la mesure du possible, d'informations suffisamment claires et sûres pour assurer ses responsabilités de surveillance, et éventuellement d'intervention, sans risque de compromettre la sécurité de l'atterrissage.

## 3. Moyens mis en œuvre

### 3.1. Généralités

Pour répondre aux objectifs fixés, les constructeurs de l'avion, BAC et SUD-AVIATION et les fournisseurs d'équipements de contrôle automatique de vol

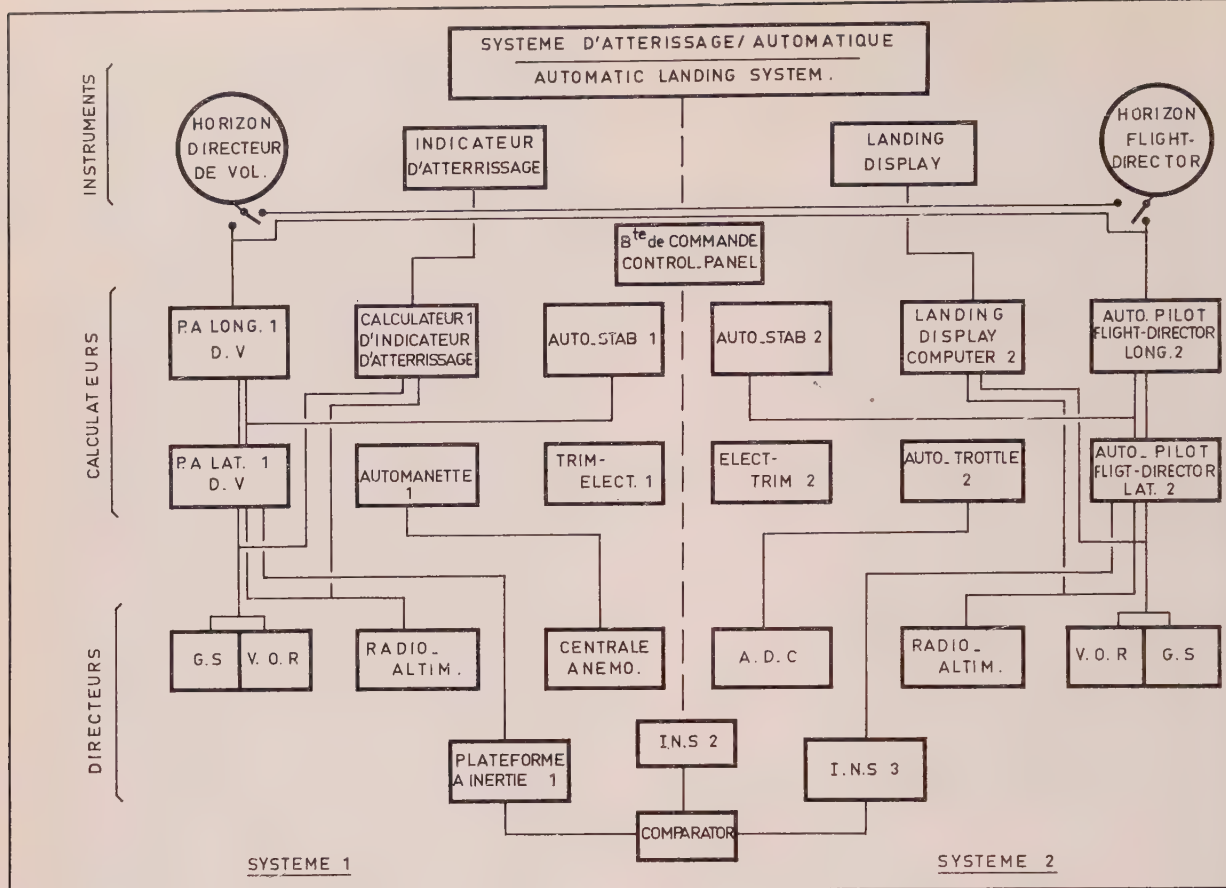


FIG. 1. — Système d'atterrissage automatique. Schéma-bloc.

ELLIOTT, SFENA, BENDIX (phase prototype seulement), réunis dans un consortium, ont tout d'abord tenu compte de leur expérience dans ce domaine. Cette expérience est très importante et, parmi de nombreuses études et réalisations, on peut citer :

— La CARAVELLE exploitée commercialement avec passagers en catégorie III A depuis l'hiver 68-69.

— Le VC 10 certifié pour l'atterrissage automatique en catégorie II avec un système de pilotage automatique doublé autosurveillé.

La définition du système présenté figure 1 a été choisie en tenant compte de nombreux facteurs :

- Qualités de vol de l'avion à basse vitesse,
- Facilité d'adaptation aux systèmes périphériques, génération électrique, hydraulique, commandes de vol, etc.
- Masse, fiabilité, facilité de maintenance et de test.

L'utilisation intensive de l'auto-surveillance et de la commutation automatique sur un second système, en cas de panne du premier, ne résulte pas d'un choix doctrinal et philosophique, mais nous avons retenu les solutions qui, dans le cadre des contraintes particulières, nous ont paru pouvoir répondre le mieux aux problèmes posés.

Nous allons maintenant examiner brièvement chacun des éléments du système.

### 3.2. Pilote automatique

Deux pilotes automatiques incluant les circuits de calcul pour l'atterrissage automatique sont installés dans l'avion. Ces deux pilotes automatiques agissent sur les gouvernes par l'intermédiaire du système de commandes de vol électrique normal décrit figure 2. Chacun des deux pilotes automatiques est, tout au moins pour l'atterrissage, entièrement auto-surveillé.

Il reçoit des signaux de capteurs auto-surveillés (cette surveillance étant améliorée dans certains cas par comparaison et vote automatique (plate-forme à inertie). Voir figure 3 un exemple d'auto-surveillance du calculateur longitudinal.

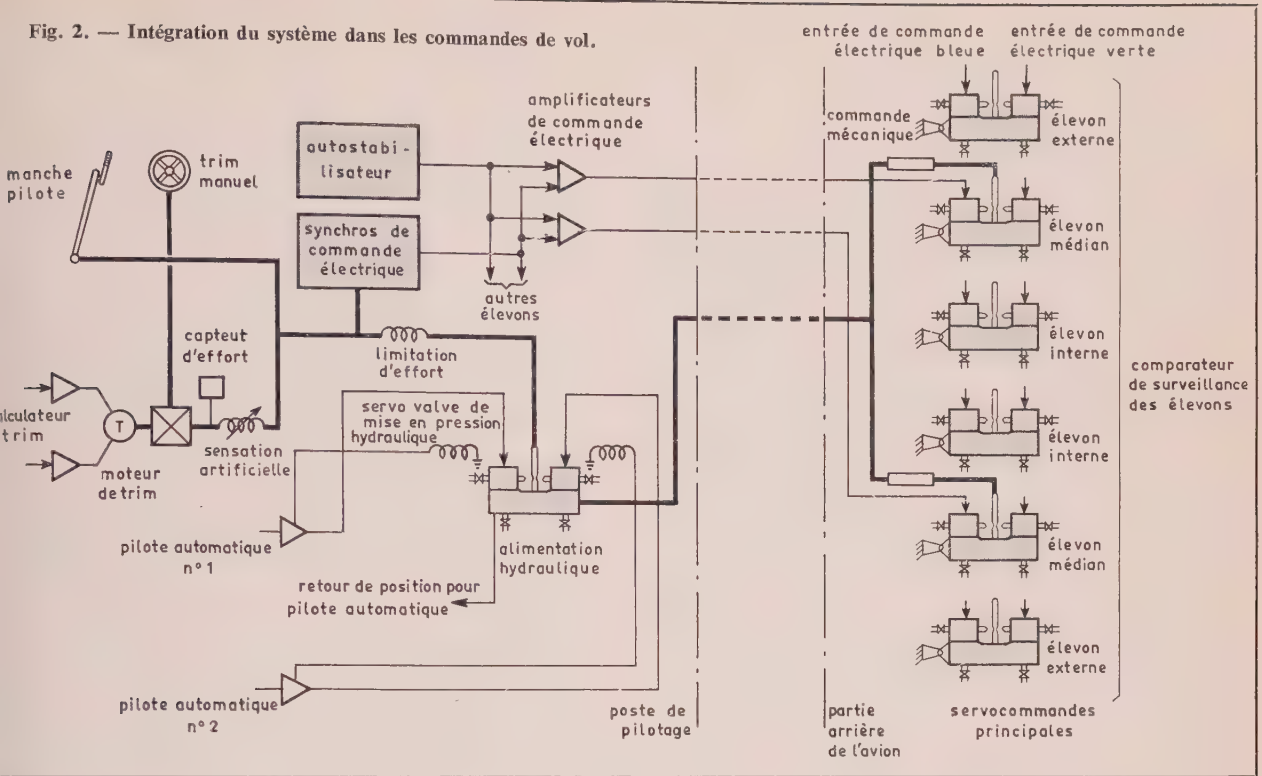
Une ségrégation très poussée est, bien entendu, assurée aussi bien dans l'installation avion qu'à l'intérieur des équipements entre les pilotes automatiques 1 et 2 et entre les chaînes de commande et de surveillance de chaque pilote automatique.

### 3.3. Directeur de vol

La calculateur du directeur de vol est intégré à celui du pilote automatique. C'est-à-dire qu'ils sont situés dans un même boîtier et qu'un nombre relativement élevé d'éléments de calcul sont communs.

Chaque calculateur est auto-surveillé dans la phase d'atterrissage et transmet les ordres de pilotage à u

Fig. 2. — Intégration du système dans les commandes de vol.



instrument horizon directeur de vol, lui-même auto-veillé. Les lois qu'il élabore sont compatibles avec les du pilote automatique.

Un commutateur permet à chaque pilote de recevoir son instrument les signaux de l'un ou l'autre des calculateurs.

### 3.4. Automanette

En raison des caractéristiques d'instabilité de vitesse sur trajectoire de l'avion à basse vitesse, l'automanette constitue une aide normale au pilotage, qu'il soit manuel ou automatique.

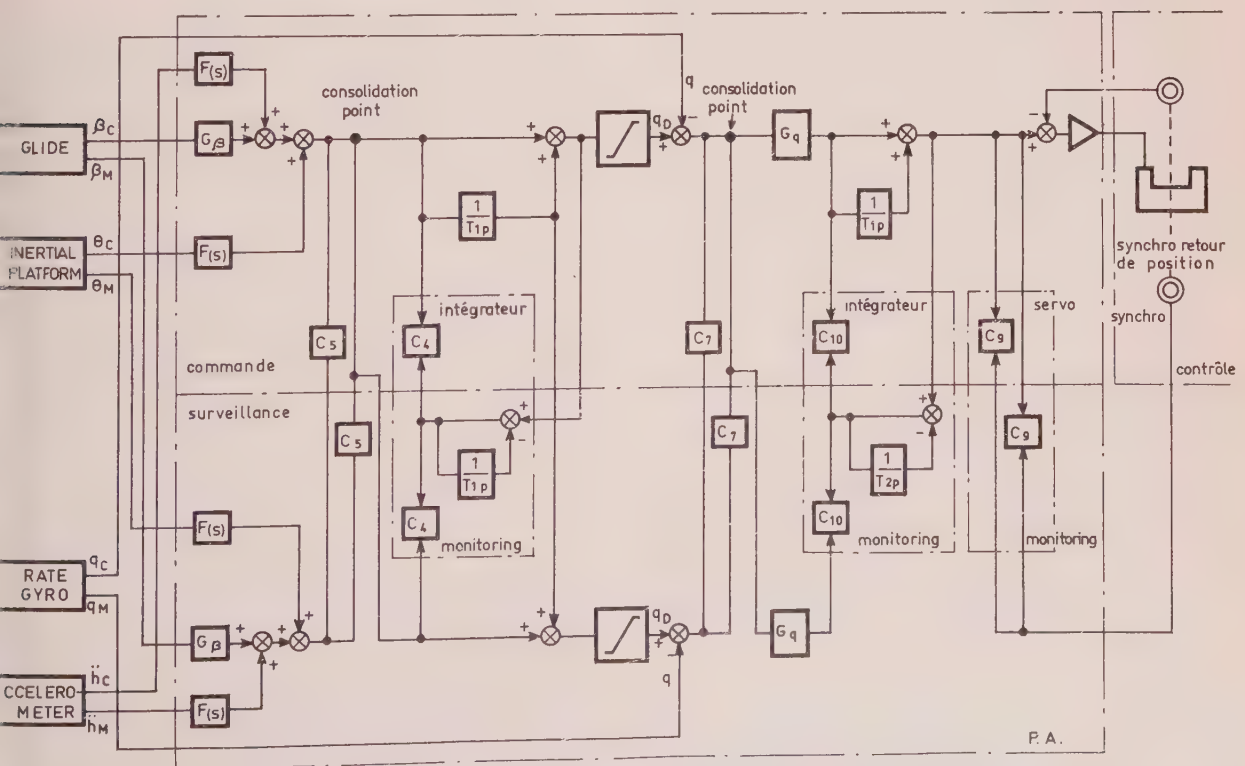


FIG. 3. — Schéma simplifié de la surveillance. Pilote automatique axe longitudinal.

Deux automanettes surveillées sont installées sur l'avion. En cas de panne de l'une, l'autre continue à assurer automatiquement le contrôle de la vitesse.

### 3.5. Autostabilisateurs

Ils assurent une amélioration de la stabilité de l'avion en roulis, lacet et tangage. Ils sont doublés et autosurveillés. Les détecteurs sont des gyromètres qui sont aussi utilisés par le pilote automatique. Ils sont utilisés en pilotage manuel et automatique.

### 3.6. Trim électrique de profondeur

Doublés et autosurveillés, ils assurent en pilotage automatique, la fonction « autotrim », c'est-à-dire qu'ils annulent à long terme les efforts de commande. En pilotage manuel, ils assurent aussi les fonctions « trim pilote » et « mach trim ».

### 3.7. Boîte de commande

Cette boîte de commande est installée dans la partie supérieure de la planche de bord centrale. Elle est visible et accessible des deux pilotes.

### 3.8. Indicateur d'alarmes et de situation d'atterrissage

Cet indicateur est installé devant chaque pilote, dans la partie supérieure de la planche de bord.

Il comprend les éléments suivants :

#### 3.8.1. Indicateur d'alarmes AFCS

Cet indicateur indique les pannes des systèmes suivants : pilote automatique et automanette.

#### 3.8.2. Indicateur de situation d'atterrissage

##### *Possibilités opérationnelles du système*

Les possibilités opérationnelles du système sont évaluées en permanence et indiquées au pilote. Cette évaluation est établie à partir de circuits logiques qui tiennent compte de l'état de fonctionnement et de redondance du système AFCS et des systèmes périphériques.

##### *Ecart de position de l'avion dans l'espace par rapport à la trajectoire de référence*

Il est constitué de quatre barres lumineuses ambre entourant une maquette avion. Lorsque l'avion franchit un domaine que l'on peut matérialiser à un instant donné par une fenêtre rectangulaire centrée sur la trajectoire idéale, la barre correspondante s'illumine ainsi que la maquette avion. Lorsque toutes les barres sont éteintes, cela signifie que l'avion est à l'intérieur du domaine précité.

#### 3.8.3. Voyant de reprise en main (Take over)

Il a été prévu pour chacun des pilotes un voyant rouge à éclat placé près de l'avant et dont le but est

d'alerter sans ambiguïté l'équipage chaque fois qu'une reprise en main de l'avion est nécessaire en cours d'approche.

## 4. Etudes et essais

### 4.1. Etudes

Les études de performance et de sécurité ont été effectuées à la fois par les fournisseurs d'équipements et par les aviateurs. En particulier des études statistiques de performances en fonctionnement normal et en cas de panne ont été entreprises conformément au règlement TSS 14 (voir § 6). Elles sont effectuées sur calculateurs numérique et analogique. Les perturbations extérieures (vent, turbulence, bruits, faisceaux) sont introduites sous forme de modèles statistiques. Les premiers résultats de ces études n'ont pas fait apparaître de difficulté majeure à satisfaire aux exigences fixées, elles ont cependant conduit à des adaptations de lois de pilotage. Les divers cas de panne tiennent compte des caractéristiques des systèmes de surveillance (seuil, temporisation). L'étude des tolérances de composants et de réglage, ainsi que de leur dérive dans le temps, ont été entreprises. Elles ont pour but de vérifier qu'en exploitation, les taux de déconnexion intempestive des systèmes par les surveillances seront acceptables et compatibles avec les exigences de sécurité. Ici encore, les premiers résultats paraissent satisfaisants. Ces études seront poursuivies jusqu'à la certification tout en étant recalées à partir des résultats d'essais en vol.

### 4.2. Essais

Les divers équipements constitutifs du système ont été réalisés en version prototype, en plusieurs exemplaires. Ils ont subi tous les essais au sol classiques. Depuis plus de deux ans, à l'exception du pilote automatique, ils sont couplés en permanence à un simulateur de vol utilisé pour l'étude des qualités de vol de l'avion.

Les autostabilisateurs, l'automanette, le trim électrique et le directeur de vol ont été normalement utilisés en vol sur les deux avions prototypes, dès le début des vols. Le premier vol a été effectué autostabilisateurs branchés et le premier atterrissage s'est effectué avec l'aide de l'automanette. Les essais en vol du pilote automatique se déroulent actuellement sur l'avion 002, ils seront complétés sur l'avion 001 dès la reprise des vols de ce dernier.

Les équipements prototypes sont très proches des équipements de série en particulier sur les points suivants : technologie, réalisation et implantation des circuits, autosurveillance, commutation automatique, tests intégrés.

Il est, bien sûr, trop tôt pour tirer des conclusions définitives des essais effectués. Cependant l'excellent comportement des systèmes essayés paraît justifier les choix technologiques et de principe effectués. En particulier, l'autosurveillance des systèmes a fonctionné correctement.

Les essais en vol, dans le domaine exploré, ont autre part pratiquement confirmé les hypothèses aérodynamiques utilisées dans les études théoriques.

Les essais vont se poursuivre sur les deux avions prototypes puis sur les avions de présérie et de série pour aboutir à la certification de l'avion. L'exploitation de l'avion en catégorie III A ne pourra cependant s'effectuer qu'après une période d'utilisation opérationnelle du système d'atterrissage automatique par les compagnies aériennes.

## Certification du système

La certification du système comporte plusieurs démonstrations :

- Tenue des équipements aux conditions extrêmes d'ambiance,
- Essais en vol,
- Justification des niveaux de sécurité exigés.

Les deux premiers points étant classiques, nous développerons seulement le dernier en nous limitant au risque associé à la dispersion du point d'impact à l'atterrissage.

### 1. Critères de certification

Ces critères sont identiques à ceux définis dans le TSS 14 :

#### 1.1. Risque moyen : $10^{-7}$

Le système (comprenant les équipements de bord et les équipements au sol) ne doit pas donner un taux d'accident catastrophique supérieur à  $1 \cdot 10^{-7}$  par atterrissage.

#### 1.2. Risque dans les conditions particulières : $3 \cdot 10^{-6}$

La décision de diversion peut être prise si, pendant l'atterrissage, il devient évident que le risque d'accident catastrophique, dû à l'utilisation du système, excède  $3 \cdot 10^{-6}$ , en sachant que la diversion est un moyen d'action plus sûr.

## 2. Interprétation de ces critères

### 2.1. Critère du risque moyen : $1 \cdot 10^{-7}$

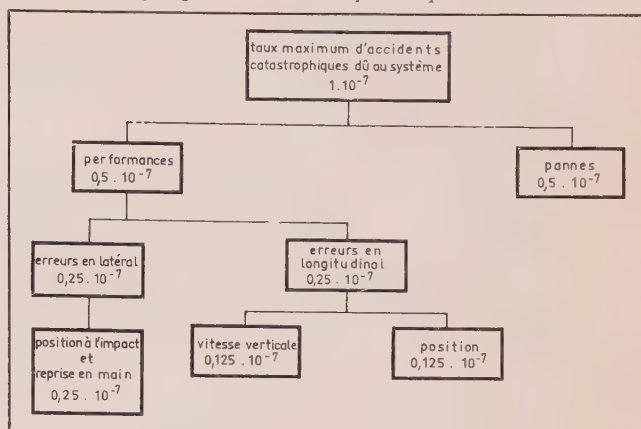
C'est le seul critère sur lequel est basée la sécurité de l'atterrissage tant en performances normales qu'en cas de panne.

Les tableaux suivants issus de la « Technical note 92 » de l'ARB sont fonction de ce critère.

Ces tableaux sont uniquement donnés à titre d'exemple et peuvent être réadaptés à un avion particulier.

TABLEAU I.

Principales subdivisions du risque d'accident catastrophique avec équirépartition schématique des probabilités.



Aucune hypothèse n'est faite sur les accidents dus aux erreurs de cap ou d'assiette latérale, mais l'avionneur prouvera statistiquement qu'elles ont une influence négligeable sur le critère de risque moyen.

Les probabilités d'accident catastrophique peuvent être sommées quand les causes et effets des erreurs sont statistiquement indépendants.

#### Remarques

1. Pour les performances, les erreurs qui participent peuvent se classer dans cinq types d'erreurs.

- Erreurs statiques (à la fois dues aux équipements en vol et au sol),
- Erreurs de sensibilité (c'est-à-dire gain du système),
- Erreurs dynamiques telles que le bruit du faisceau,
- Erreurs dues au vent associé à un niveau de turbulence,
- Erreurs de trim (chaîne de profondeur uniquement) telles que vitesse d'approche, poids et centrage.

2. Pour les pannes, les diverses probabilités considérées sont les suivantes :

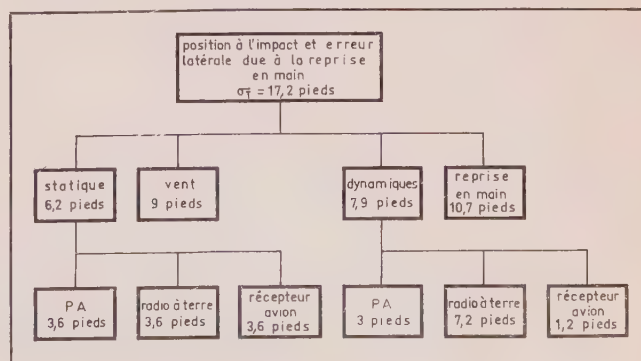
- $K_1 P_1$  :  $P_1$  étant la probabilité de panne non détectée du PA n° 1 par la surveillance en série.  $K_1$  étant la proportion de pannes ayant des effets catastrophiques.
- $K_2 P_2$  :  $P_2$  étant la probabilité de perte des deux PA.  $K_2$  étant la proportion de pannes ayant des effets catastrophiques.
- $P_2$  peut être relié au temps moyen entre pannes du pilote automatique par la formule :  $P_2 = (t/T)^2$ , avec  $t$  : temps de risque et  $T$  : temps moyen entre pannes.

L'application du TSS 14 donne le résultat suivant :

$$K_1 P_1 + K_2 P_2 \leq 0,5 \cdot 10^{-7}.$$

TABLEAU II.

Répartition schématique de l'écart-type dû aux erreurs de guidage en latéral.



Si les causes mais non les effets des erreurs sont indépendants, il est nécessaire de sommer non pas les probabilités mais les distributions des probabilités.

Dans ces cas, les variances seront additionnées.

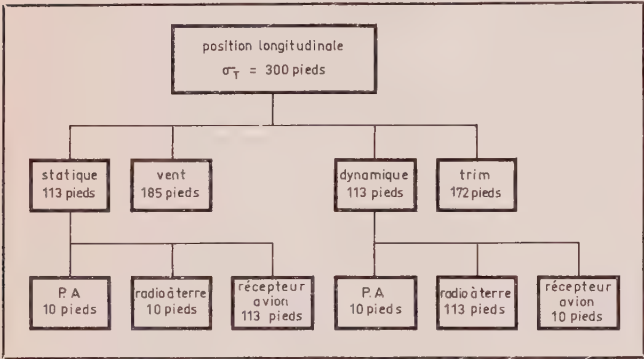
— La partition précédente peut être calculée à partir des hypothèses suivantes :

- Largeur de la piste : 150 pieds
- Encombrement du train principal : 30 pieds
- Epaulements de la piste : 25 pieds

En sachant que  $0,25 \cdot 10^{-7}$  égale environ 5 fois l'écart-type et égale aussi 85 pieds (demi-largeur de la piste plus l'épaulement moins le demi-encombrement du train) on détermine pour l'écart-type une valeur de 17,2 pieds (cette valeur sera augmentée pour CONCORDE dont l'encombrement du train principal est inférieur à 30 pieds).

TABEAU III.

Répartition schématique de l'écart-type dû aux erreurs de guidage en longitudinal.



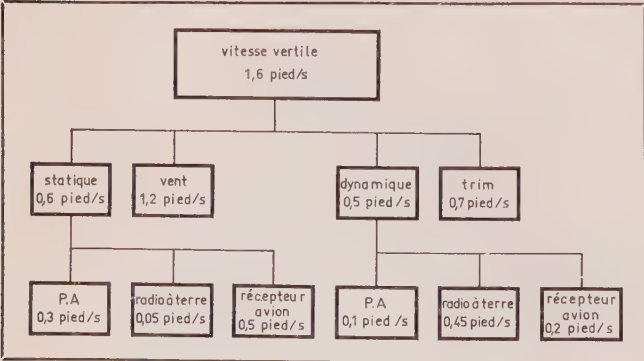
Cette répartition a été calculée à partir des hypothèses suivantes :

- Origine du « glide » : à 1 000 pieds du seuil de piste,
- Point moyen d'impact : 500 pieds après l'origine du sentier de descente,
- On a associé la probabilité de  $0,125 \cdot 10^{-7}$  aux impacts plus courts que 200 pieds avant la piste.

Aucune hypothèse n'est faite pour une aggravation du risque dû aux faibles performances de l'automanette mais il en sera tenu compte, si nécessaire.

TABEAU IV.

Schéma de répartition de l'écart-type de l'erreur en vitesse verticale d'impact.



Ce tableau a été établi pour une probabilité de  $0,125 \cdot 10^{-7}$  avec un rapport de 10 entre incident et accident pour que l'avion atterrisse à plus de 10 pieds/s avec une vitesse verticale moyenne d'impact de 2 pieds/s.

### 5.2.2. Risque pour un vol particulier : $3 \cdot 10^{-6}$

Il pourrait être possible de satisfaire le critère de risque moyen alors qu'un grand risque est pris pour des atterrissages particuliers (par exemple  $10^{-2}$ ) pourvu que la fréquence de ces atterrissages soit suffisamment faible.

Le but de ce critère est de limiter les risques maximaux connus dans certains atterrissages particuliers à  $3 \cdot 10^{-6}$ .

En effet, si, pendant un atterrissage particulier, un grand risque devenait connu, il serait imprudent de le prendre alors qu'une voie plus sûre serait possible en dirigeant l'avion sur une autre destination. Le risque pris en opérant ainsi correspond au risque introduit par la diversion, c'est-à-dire :  $3 \cdot 10^{-6}$ .

Le risque peut être connu pour un certain nombre de causes telles que :

- état des redondances du système,
- temps incluant : visibilité et vitesse de vent moyen,
- état de la piste.

En pratique l'application de ce critère permettra de déterminer les limites opérationnelles du système.

### 5.3. Principes généraux de démonstration

#### 5.3.1. Risque moyen

##### 5.3.1.1. Performances

Le premier travail sera de partager les causes d'erreur qui sont statistiquement indépendantes, en s'inspirant de la note technique 92 de l'ARB. Il sera nécessaire de considérer, en plus des paramètres à l'impact déjà mentionnés, d'autres paramètres critiques, tels que : l'assiette latérale, le cap, la vitesse latérale, vitesse, etc.

Pour chacune de ces causes d'erreur, la loi de probabilité de la variable sera établie ou bien en faisant confiance aux documents déjà existants (RTCA paper DO 131 pour le récepteur ILS et ICAO annexe 10 pour l'émetteur ILS), ou bien en accumulant suffisamment de résultats pour établir un modèle réaliste.

Les effets de chacune de ces erreurs sur les paramètres critiques à l'impact seront ensuite évalués en utilisant un programme numérique en boucle fermée avec le pilote automatique et les fonctions de transfert avion.

De par ces résultats, les écarts types  $\sigma_1, \sigma_2, \dots$  seront approximés et le  $\sigma_T$  total sera obtenu par addition des variances.

Ceci établira une conformité avec le critère  $10^{-7}$  en termes de performances.

Après cela, une étude en parallèle, effectuée sur le simulateur (avec les équipements stade définitif) et en vol, permettra d'accumuler suffisamment de données statistiques dans les conditions réelles pour montrer la corrélation avec les analyses numériques sachant que certaines causes d'erreur, telle la turbulence, sont incontrôlables en vol.

#### Remarque

Le facteur de confiance associé à chaque étape de ce programme dépendra de la représentativité de chaque loi de probabilité approximée à partir de données statistiques ; un test sera utilisé pour vérifier l'exactitude des lois approximées.

Exemple : Canal latéral

- Cause d'erreur : vent de travers,
- Effet étudié : dispersion latérale du point d'impact,
- Densité spectrale du vent :

$$\phi(f) = \frac{4L}{V} \frac{\sigma^2}{1 + \left(\frac{2\pi L}{V} f\right)^2}, \quad (1)$$

- : échelle de la turbulence (pieds),
- : vitesse par rapport à l'air (pieds/s),
- : écart-type de la turbulence (pieds/s).

L'écart-type de la turbulence est :

$$3,5 \text{ pieds/s} + 0,11 \times \text{vent moyen} \quad (2)$$

La loi de densité qui détermine la probabilité d'occurrence du vent moyen est une courbe de Pearson type III.

Les fonctions de transfert du pilote automatique de l'avion sont introduites dans le programme numérique et les autres causes d'erreur sont nulles.

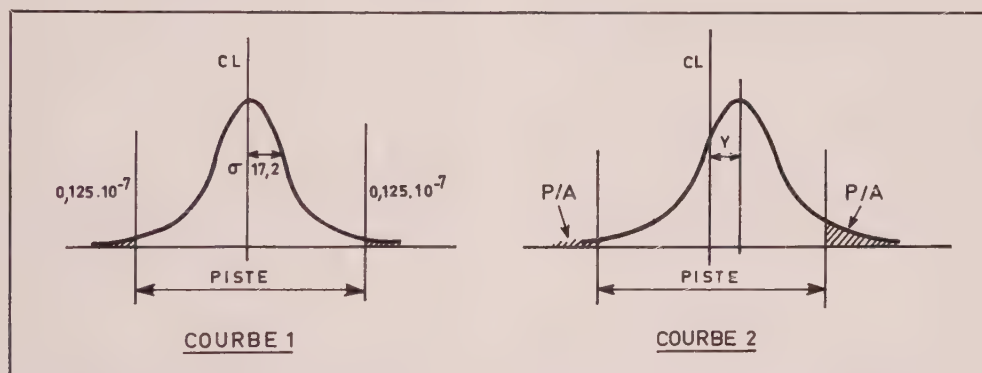


FIG. 4

On détermine la dispersion latérale du point d'impact pour des vents de plus de 30 nœuds. Pour chaque valeur du vent moyen associé au niveau correct de turbulence (suivant la formule 2), un nombre suffisant d'atterrissages permettra d'associer un écart de en écart latéral à chaque vent moyen. Il sera ensuite nécessaire de combiner les lois de densité du point d'impact et du vent moyen.

Le résultat sera l'écart-type moyen  $\sigma_T$  dû au vent et à la turbulence et devra être plus petit que 9 pieds (bl. II).

### 5.3.1.2. Pannes

Les effets des pannes seront calculés par un programme numérique et, comme pour le contrôle des performances, vols et simulateur seront utilisés.

Dans chaque cas de panne, la probabilité d'accident sera calculée en tenant compte des performances moyennes. En prenant le canal latéral comme exemple : sans panne, nous obtenons la courbe 1 de la

figure 4 qui est la loi normale centrée due aux performances.

En considérant une panne et ses effets sur l'écart latéral, il y aura un déplacement de la moyenne et la probabilité d'accident  $P_A$  sera obtenue en calculant les nouvelles aires (courbe 2).

Dans le cas où le niveau de la panne est aléatoire, il est nécessaire de calculer la densité de probabilité composée entre la loi normale due aux performances et la fonction de répartition de l'écart latéral due à la panne.

Finalement pour comparer la conformité des cas de panne avec le critère  $10^{-7}$ , la probabilité  $P_A$  devra être multipliée par la probabilité d'occurrence de la panne elle-même,  $P_F$ , ainsi :

$$\sum_1^n P_A \cdot P_F < 0,5 \cdot 10^{-7}$$

$n$  étant le nombre de pannes à considérer.

### 5.3.2. Risques dans les conditions particulières

Il a déjà été vu que l'application de ce critère servirait à établir les limites opérationnelles du système.

En prenant encore l'exemple du canal latéral et du vent de travers, la vitesse maximale du vent sera déterminée comme suit :

$n\sigma$  = demi-largeur de la piste avec  $n = 4,6$  pour une probabilité de  $3 \cdot 10^{-6}$ , ainsi  $\sigma = 18,9$  pieds.

Les fonctions de transfert avion et PA étant introduites dans le calculateur numérique, toutes les autres causes d'erreur étant nulles, on calculera le vent maximal tolérable donnant  $\sigma_{IM}$  tel que la formule suivante soit satisfaite :

$$\sigma = \sqrt{\sigma_T^2 - \sigma_t^2 + \sigma_{IM}^2} < 18,9 \text{ pieds}$$

avec :

$\sigma_T$  : écart-type : 17,2 pieds,

$\sigma_t$  : écart-type partiel, dû au vent et à la turbulence en moyenne : 9 pieds (cf. 5.3.1.1.),

$\sigma_{IM}$  : écart-type partiel, dû au vent maximum et à la turbulence considérée.

# L'approche automatique des hélicoptères

D. AUTECHAUD

S.F.I.M

## Résumé

*L'utilisation sans cesse croissante des hélicoptères conduit à doter ces appareils d'équipements de pilotage automatique pour alléger le travail du pilote humain et élargir le champ de possibilités opérationnelles.*

*Les dispositifs automatiques ont des caractéristiques liées aux qualités de vol de la machine, dans le but d'assurer une bonne stabilisation, de maintenir l'action prépondérante du pilote, de respecter à tout instant la sécurité du vol et d'utiliser au mieux les avantages opérationnels de l'hélicoptère.*

*Pour l'atterrissage, ces avantages se traduisent par une pente d'approche relativement importante, une vitesse réduite et l'utilisation de terrains sans infrastructure. En mauvaise visibilité, il convient donc d'utiliser au sol un dispositif électronique adapté, facilement transportable et de mise en œuvre aisée. A bord, un coupleur électronique reçoit les signaux de localisation provenant du dispositif au sol, les traite suivant une loi de pilotage définie et les transmet, suivant l'utilisation, soit au pilote automatique, soit au directeur de vol.*

*L'ensemble, émetteur au sol, récepteur de bord, coupleur, pilote automatique, est actuellement en cours d'expérimentation au centre d'Essais en Vol de Brétigny à l'aide d'un hélicoptère type Alouette III et les premiers résultats exprimés sous forme statistique sont très satisfaisants.*

## 1. Introduction

### 1.1. Les missions de l'hélicoptère

Les hélicoptères sont de plus en plus utilisés et prennent une place importante dans le marché mondial, tant au point de vue civil que militaire.

Les qualités de vol de l'hélicoptère conduisent à des applications très variées ; en particulier, au point de vue civil, les principales utilisations concernent les transports de charge et de personnel dans des endroits d'accès difficiles et sans infrastructure, la pose d'ensembles lourds au faîte de constructions élevées, les opérations sanitaires, d'évacuation, de sauvetage et de surveillance, les travaux spéciaux tels que recherche géodésique, prises de vues cinématographiques, relais hertziens temporaires, et aussi les travaux agricoles.

Du côté militaire, on retrouve les mêmes missions : transports de troupe, passage d'obstacles pour charges ou véhicules terrestres, ravitaillement de zones non préparées, évacuation, surveillance.

### 1.2. Les problèmes d'atterrissage en VSV (\*)

Pour certaines de ces applications, il est important de ne pas être pénalisé par les conditions météorologiques et de disposer des moyens nécessaires à l'atterrissage sans visibilité.

Ce problème de l'atterrissage sans visibilité pour les hélicoptères, présente des particularités qui découlent des caractéristiques spéciales de la machine.

En effet, en vol, la vitesse longitudinale de l'hélicoptère peut être réduite, jusqu'à être annulée, pour obtenir l'immobilisation par rapport au terrain.

Cette possibilité de vol stationnaire juste au-dessus du point d'atterrissage est, dans les conditions de mauvaise visibilité, le garant de la sécurité, en éliminant le point délicat de l'impact des roues à grande vitesse sur la piste.

Le problème de l'atterrissage tous temps pour l'hélicoptère est donc ramené à diriger le vol, pour obtenir, en finale, un vol stationnaire au-dessus d'un point donné ou, tout au moins, placer l'hélicoptère en vue du sol, à vitesse réduite, dans la zone d'atterrissage.

Cette phase de vol, ne comportant pas l'atterrissage proprement dit, est désignée par « vol d'approche ».

## 2. Caractéristiques des équipements de pilotage

Les dispositifs utilisés, à bord et au sol, pour réaliser ce vol d'approche, présentent des caractéristiques qui sont adaptées au comportement de l'hélicoptère. Parmi ces dispositifs, on distingue le stabilisateur du pilote automatique, le système de localisation, le coupleur automatique de guidage, et éventuellement un directeur de vol.

Article reçu en avril 1971.

## 1. Les problèmes particuliers de l'hélicoptère

La difficulté de pilotage de l'hélicoptère réside dans nombreux mouvements qui peuvent être obtenus. Ainsi, en vol stationnaire, le pilote peut agir sur des commandes pour obtenir des déplacements longitudinaux, latéraux et verticaux, et des mouvements de rotation en tangage, roulis et lacet.

La tâche du pilote est compliquée, d'une part, par nombreux couplages qui existent entre les différentes commandes et les différents mouvements, d'autre part, par le manque de stabilité propre de l'hélicoptère. En effet, si on suppose les gouvernes équilibrées, les variations des assiettes longitudinales et latérales sont oscillatoires divergentes ; ce qui veut dire qu'en l'absence de pilotage, l'hélicoptère se comporte comme un pendule dont l'amplitude des oscillations s'amplifie dangereusement.

Quant aux mouvements de montée et descente et aux mouvements de rotations de cap, il n'existe qu'un amortissement aérodynamique mais sans aucun rappel vers la position primitive.

En configuration de descente, à faible vitesse longitudinale, le régime rotor est proche de l'autorotation. D'autre part, la turbulence créée par la descente verticale de l'hélicoptère dans le sillage de son propre rotor, provoque une instabilité notoire.

## 2. Le pilote automatique

Pour pallier efficacement ces difficultés de pilotage, et utiliser au mieux la maniabilité de l'hélicoptère, un système de pilotage automatique présente des caractéristiques spéciales.

### 2.1. La stabilisation de l'appareil

La partie primordiale du pilote automatique est le stabilisateur, qui a pour charge de rendre stables les mouvements de rotation et de maintenir avec précision, à des valeurs de référence, les assiettes de tangage, de roulis, et le cap.

Les qualités de ce stabilisateur sont telles que, pour des écarts provoqués de  $5^\circ$ , le retour aux valeurs de référence, s'effectue à  $\pm 0,5^\circ$  près sans avoir plus de dépassement ou de façon aperiodique. Ceci est valable en vol stationnaire et en vol de translation.

La stabilité dynamique des mouvements de rotation est obtenue par la présence d'un important terme d'avance de phase dans la loi de pilotage, qui assure la compensation de la fonction de transfert de l'hélicoptère. L'action de ce terme stabilisant est permanente, même lors des évolutions commandées par le pilote automatique ou par le pilote humain à l'aide des commandes de vol.

### 2.2. Le pilotage transparent

En effet, une des caractéristiques des pilotes automatiques d'hélicoptères est de pouvoir agir sur les commandes de vol, le stabilisateur étant en action.

Cette caractéristique est dénommée « pilotage transparent » et permet de disposer, à la fois, des qualités de maniabilité de l'hélicoptère et des avantages de stabilité présentés par le pilote automatique.

— En tangage et roulis, l'action sur le manche pilote « à travers les efforts » du dispositif de sensation artificielle, provoque, par l'intermédiaire des commandes cycliques, un mouvement d'assiette correspondant. Par un jeu d'autorités différentes, le pilote automatique ne contre pas cette action mais continue à agir sur la servo-commande pour assurer la stabilisation dynamique. Si le pilote relâche le manche, celui-ci revient de lui-même à la position initiale et l'hélicoptère reprend l'assiette initiale. Ceci est un facteur de sécurité : en effet, en cas de difficultés, après une évolution commandée, il suffit de relâcher les commandes pour se retrouver dans la configuration de vol avant évolution.

— En lacet, l'action sur le palonnier provoque une rotation de cap, sans que le pilote automatique ne s'y oppose. Celui-ci, tout en délivrant les ordres de stabilisation dynamique, enregistre la rotation de cap. Ainsi, au moment où le pilote relâche les pédales, le pilote automatique maintient le nouveau cap obtenu.

Cette possibilité de pilotage « à travers » le pilote automatique présente l'avantage de permettre une action rapide du pilote en cas d'évolution dangereuse survenant à la suite d'une avarie du système automatique de pilotage. Les réponses rapides de l'hélicoptère à un ordre donné, font qu'il est absolument nécessaire de diminuer au maximum les conséquences d'une panne, en particulier, lorsqu'étant dite « panne active », elle est caractérisée par la mise en butée rapide d'une servo commande.

### 2.2.3. Les servocommandes de pilotage

Aussi, une autre caractéristique du pilote automatique d'hélicoptère est d'agir sur une servo commande placée en série dans la trimmerie, d'action rapide, de l'ordre de 30 mm par seconde, mais d'autorité limitée, de l'ordre de 10 % de l'autorité totale des commandes de vol. Cette autorité est déterminée pour chaque axe de pilotage et suffit pleinement pour assurer la stabilisation de l'hélicoptère. A cette servo commande rapide, mais d'autorité limitée, est associée une servocommande à vitesse très lente, de l'ordre de 2 à 3 % par seconde, agissant sur la totalité de la course des commandes de vol. Cette dernière, placée en parallèle sur la trimmerie, joue le rôle du trim pour recentrer l'action de la servocommande série.

## 2.3. La sécurité du vol

### 2.3.1. La limitation des ordres de pilotage

Cette organisation garantit la sécurité du vol dans toutes les éventualités de défaillances du pilote automatique, car la panne active transmise à la servo commande rapide ne peut occasionner qu'un faible déplacement des commandes de vol.

Dans cette matière, des prescriptions définissent le temps entre la reprise en mains par le pilote, et la détection de la panne. Par exemple :

- 0,5 s en phase pilotée,
- 1,5 s en phase attentive mais non pilotée,
- 2,5 s en phase non attentive.

Au bout de ces temps, les attitudes obtenues ne doivent pas être jugées dangereuses.

### 2.3.2. Le dispositif de sécurité

Dans des cas spéciaux, lorsque ces temps d'attente ne peuvent être respectés, un dispositif dit de « sécurité » est ajouté au pilote automatique.

Cette sécurité surveille l'évolution de l'hélicoptère suivant chaque axe de pilotage et contrôle le fonctionnement des chaînes correspondantes. Normalement, le rôle des chaînes de pilotage est d'agir pour maintenir au mieux les valeurs de consigne. Une action en sens inverse est considérée comme une panne, et le dispositif de sécurité interdit le fonctionnement de la chaîne incriminée.

Avec ce principe, le délai de récupération devient important. Aussi, dans les cas les plus défavorables étudiés sur une machine donnée, en lacet, avec un délai supérieur à 3 s, l'écart de cap obtenu est de l'ordre de  $10^\circ$  ; en tangage, l'écart d'assiette ne dépasse pas  $8^\circ$  pour une attente de plus de 4 s.

## 3. Guidage de l'hélicoptère en vol d'approche

### 3.1. Généralités

Les caractéristiques particulières du pilote automatique dérivent directement du comportement de l'hélicoptère en vol. D'autres particularités se retrouvent dans le contexte de l'atterrissage tous temps et influent sur la définition et la réalisation du système.

Comme il a été précisé précédemment, le problème de l'atterrissage tous temps pour hélicoptère est ramené à diriger le vol, pour obtenir, en finale, un vol stationnaire au-dessus d'un point donné, ou tout au moins, pour placer l'hélicoptère en vue du sol, à vitesse réduite, dans la zone d'atterrissage.

Cette faculté de s'immobiliser avant de se poser au sol, élimine l'obligation de disposer d'une importante infrastructure. Ceci est un avantage notable qui justifie l'utilisation de plus en plus recherchée de l'hélicoptère pour des opérations dans des régions sans terrain préparé à l'avance. Quant à la pente de la trajectoire d'approche, elle peut rester faible, comme celle utilisée pour les avions ; mais il est préférable de profiter des possibilités de l'hélicoptère, qui autorise des pentes relativement fortes et ajoute par cela un avantage important de facilité d'accès dans des régions accidentées. Bien que l'hélicoptère soit capable d'utiliser les moyens au sol mis à la disposition des avions, quelques caractéristiques guident le choix optimal d'un dispositif de guidage placé au sol, permettant d'utiliser toutes les qualités de vol de l'hélicoptère.

### 3.2. Le dispositif au sol

#### 3.2.1. Qualités requises

Il est recommandé que le dispositif au sol, soit aisément transportable, à l'aide d'un véhicule tout-terrain, ou mieux encore, par un éclairteur à pied. Ceci impose des qualités de légèreté, de faible encombrement et de robustesse. La consommation doit rester faible pour limiter le poids de l'élément de puissance tout en conservant une durée importante de fonctionnement. La mise en œuvre, la disposition de l'appareil, les branchements éventuels, les réglages avant utilisation doivent être d'exécution rapide et facile sans demander de spécialisation particulière.

Enfin, il est souhaitable que le principe de guidage définisse une trajectoire d'approche avec une pente fixée dans l'espace, indépendante du relief. En conséquence, si les terrains choisis doivent être très accidentés — montagne, vallée, ou même falaise — il est indispensable que l'élaboration de la pente soit faite indépendamment des informations de la radiosonde. Ces prescriptions sont satisfaites par le principe de l'axe de descente défini par le croisement du faisceau « glide » et « localizer », qui donnent une représentation aisée et usuelle des écarts de position sur un indicateur à aiguilles croisées.

Pour les mêmes raisons de reliefs accidentés, si le pilote automatique doit effectuer des calculs, en fonction de la distance : par exemple de changement de gain, il est préférable de disposer de l'information distance, plutôt que de se baser sur les indications de la radiosonde, lesquelles restent cependant nécessaires pour la surveillance de la proximité du sol, c'est-à-dire la sécurité.

En résumé, le dispositif au sol, complété par le récepteur de bord doit définir dans l'espace un axe ou une trajectoire de descente, et délivrer des signaux proportionnels aux écarts verticaux et latéraux de l'hélicoptère par rapport à cet axe. De plus, une information distance balise-hélicoptère doit être disponible mais sans cependant présenter une grande précision.

#### 3.2.2. Le système Talar

Un exemple de dispositif radio-électrique est le TALAR, spécialement étudié pour être transportable et pour obtenir des trajectoires d'approche à pente relativement forte. Le TALAR, contraction de « Tactical Landing Approach Radar » est construit par General Precision Singer et mis en œuvre en Europe par SAGEM.

La partie sol présente des avantages de faible encombrement, faible poids (24 kg), faible consommation (225 W), l'alimentation se faisant à l'aide d'une batterie. La mise en œuvre est rapide : moins de 5 minutes y compris le réglage de la pente.

Les signaux délivrés sont semblables à ceux d'un ILS classique, c'est-à-dire des écarts angulaires par rapport au plan d'alignement et au plan de descente matérialisés pour le pilote sur un instrument classique à aiguilles croisées, et utilisables pour le coupleur d'approche et le directeur de vol.

Les essais d'approche automatique à l'aide du radar TALAR sont en cours au Centre d'Essais en Vol de Brétigny, à l'aide d'une alouette III. La Société

IM, qui construit en série les pilotes automatiques des hélicoptères du SUD-AVIATION : le SA 321 Super Puma et le SA 330 Puma, développe actuellement un coupleur d'approche automatique et un directeur de vol.

### 3. Les éléments embarqués

#### 1. Le coupleur d'approche

Le coupleur d'approche prélève les informations fournies par le TALAR et calcule une loi de guidage qui est transmise pour exécution à la partie stabilisatrice du pilote automatique.

Ce coupleur comporte une chaîne latérale qui, à partir des écarts localisés, détermine des ordres de roulis commandés. A l'assiette de roulis obtenue, le pilote automatique, par un couplage interne, fait correspondre une vitesse de rotation de lacet. Les corrections se font alors à dérapage nul, et la dérive est automatiquement obtenue pour compenser l'action globale du vent. L'assiette latérale commandée est limitée à 15° pour des problèmes de sécurité, cette limite étant diminuée dans la phase finale.

La chaîne verticale au cours de la phase initiale maintient l'hélicoptère en palier Baro et commande la mise en descente à l'interception automatique du sol. Puis, à partir des écarts glide, le coupleur délivre des ordres de pas général commandé et annule les écarts statiques par un filtre intégrateur. Pour maintenir une sensibilité constante au cours de la descente, le gain de la loi de pilotage est corrigé en fonction de la distance, simulée actuellement par les signaux de la radiosonde.

La chaîne longitudinale assure la tenue d'une vitesse affichée et la décélération à taux constant vers la vitesse affichée. A cet effet, elle détermine une accélération d'assiette de tangage par rapport à l'assiette de référence, et par intégration, fait varier cette assiette de référence pour faire coïncider la vitesse indiquée avec la vitesse affichée.

#### 2. Le directeur de vol

Quant au calculateur du directeur de vol, il est composé de façon semblable.

La chaîne latérale combine le roulis commandé issu du coupleur, aux informations d'assiette de roulis et de vitesse de rotation en roulis, pour animer la barre de tendance verticale du directeur de vol.

La chaîne verticale combine le pas général commandé calculé par le coupleur, aux informations de déviation de pas, pour animer la barre de tendance horizontale.

Pendant l'approche avec le directeur de vol, la tenue de vitesse est faite automatiquement par le coupleur d'approche afin de faciliter la tâche du pilote. Et le couplage roulis-lacet du pilote automatique assure le dérapage nul.

#### 3. Les surveillances

Pour compléter l'ensemble de l'installation, des alarmes sont placées sur la planche de bord, pour

permettre une surveillance tout au long de la trajectoire de descente. Le pilote est ainsi averti du mauvais déroulement éventuel de l'approche en cours et à l'aide des consignes de pilotage, en fonction de l'altitude, décide de la remise des gaz.

Le montage actuel est composé de deux alarmes d'écarts excessifs pour visualiser les écarts de trajectoire par rapport à l'axe de descente, en latéral et vertical. Une alarme surveille les débrayages du coupleur, même intempestifs, et une dernière donne une indication d'altitude minimale de sécurité.

Le test du système de surveillance est fait par le pilote au cours de la phase initiale de l'approche, l'altitude étant supérieure à 400 pieds. Au-dessous de 400 pieds, la surveillance est armée et, en cas d'approche manquée, allume la lampe centrale d'alarme et les voyants de répétition explicatifs, indiquant l'ordre de remise des gaz.

Les allumages s'effectuent pour des dépassements d'écarts localiser et glide correspondants, pour une pente de 5°, aux minimums utilisés pour la certification avion en catégorie II. Quant à l'altitude minimale elle est réglée à 50 pieds.

### 4. Résultats d'essais

Les essais avec le coupleur d'approche automatique ont été faits dans les conditions les plus diverses de turbulence et de vent ; de l'ordre de 15 nœuds debout, 10 à 12 nœuds arrière, et 20 nœuds travers. Ces valeurs ne sont pas des limitations, mais les conditions rencontrées au cours des essais. Quant aux vitesses longitudinales d'approche, elles ont été variables dans une plage de 30 à 80 nœuds.

Dans ces conditions, les critères de la catégorie II avion, ont été aisément remplis. Au passage à 100 pieds, ceci correspond à une répartition des écarts latéraux et verticaux qui, à  $2\sigma$ , forme une fenêtre de  $\pm 15$  m de large et  $\pm 3,5$  m de haut.

En fait, les performances exactes, pour des pentes moyennes de 5 à 6°, sont à peu près la moitié en localiser : soit  $\pm 8$  m ; et les trois quarts en glide : soit  $\pm 2,5$  m.

Pour des pentes allant jusqu'à 9°, les écarts latéraux sont légèrement plus élevés, de l'ordre de  $\pm 11$  m, mais le nombre des résultats n'est pas assez important pour en tirer une conclusion statistique correcte.

En directeur de vol, les essais sont en cours et permettent de penser que les minimums seront du même ordre de grandeur, c'est-à-dire, hauteur de décision 100 pieds, et visibilité horizontale 400 m.

Il convient de remarquer que l'application des critères de la catégorie II avion est un moyen simple qui permet de comparer les résultats, mais qui n'a pas de relation avec les exigences nécessaires pour l'approche en hélicoptère.

Ces critères hélicoptères restent à définir, mais, a priori, il est pensable que la précision demandée ne serait pas aussi sévère que dans le cas des avions, du fait de la maniabilité propre de l'hélicoptère, de la vitesse longitudinale réduite et de la suppression de l'obligation de se poser sur une piste, qui sont des facteurs favorables à l'atterrissage tous temps.

# Equipement de bord de détection et d'évitement d'obstacles

## Présentation et synthèse

M. LORON

*Service Technique des Télécommunications de l'Air (STTA)*

La détection d'obstacles et leur évitement se pose aussi bien dans la phase finale de vol : l'atterrissage et le décollage, que dans la phase en route. Elle concerne aussi bien la détection du relief que les perturbations météorologiques.

Deux exposés ont été consacrés aux problèmes opérationnels civils (par M. DESINDES) et militaires <sup>(1)</sup> (par M. MIJONNET).

Quatre exposés ont traité les problèmes du matériel :

- Radio-altimètre, par M. LANDROT.
- Radar d'évitement d'obstacles hélicoptères et avions, par M. COLLOT.
- Radars météorologiques et leurs applications, par M. BOUY.
- Détection des turbulences en air clair par radiométrie infrarouge, par M. TINET <sup>(2)</sup>.

Que pouvons-nous retenir de cette demi-journée ?

Nous voyons que les besoins opérationnels de détection des obstacles des avions civils sont bien différents de ceux des avions militaires et qu'il n'y a guère d'espoir de réaliser des matériels pouvant satisfaire les deux à la fois.

L'aviation civile est essentiellement tournée vers la sécurité des passagers, que ce soit en vol à haute et moyenne altitudes, ou à l'atterrissage. Si les radars météorologiques peuvent convenir pour les vols à moyenne altitude, nous voyons, par contre, que le problème reste entier pour les vols à haute altitude et l'atterrissage. Certes, des études sont en cours qui ont pour but d'apporter des solutions à ces deux problèmes, mais des considérations économiques nous empêchent de les retenir sans plus ample examen. L'idéal serait d'arriver à un matériel unique, multi-

fonctions, pouvant couvrir les trois besoins à la fois. Malheureusement, ce n'est pas possible à cause de la technique spéciale utilisée pour la détection des turbulences à haute altitude. Tout au moins peut-on espérer avoir un matériel unique pouvant couvrir les deux autres besoins : vol à moyenne altitude et atterrissage. Par ailleurs, il faut exprimer le souhait de voir les études sur la détection des turbulences se poursuivre et aboutir à un matériel économique et utilisable qui soit mis en service sans attendre un accident grave. Les progrès spectaculaires réalisés en microélectronique, hyperfréquence et dans les circuits intégrés permettent de penser que ces réalisations devraient intervenir dans peu d'années.

Les radioaltimètres couvrent un domaine à part, puisqu'ils équipent à la fois les avions civils et les avions militaires. Je compléterai toutefois l'exposé de M. LANDROT en signalant que les matériels qu'il a présentés ont obtenu de beaux succès à l'exportation et que cet exemple est une preuve indéniable de la vitalité de l'industrie électronique française.

Les problèmes militaires sont autrement ardues à résoudre. Ils nécessitent des matériels plus compliqués éventuellement reliés à d'autres équipements de pilotage. Comme ces matériels radars doivent aussi répondre à d'autres besoins, on est, là encore, conduit à envisager des équipements multifonctions par l'introduction d'antennes à balayage électronique.

On constate ainsi que les progrès en matière de composants permettent de prévoir, dans les années à venir, le développement de matériels radar capables de détecter plusieurs sortes d'obstacles et de remplir plusieurs fonctions tout en n'étant pas plus gros et plus volumineux que ceux, plus simples, qui les ont précédés et qui sont toujours utilisés. Il restera à examiner de près les bilans économiques de ces solutions, mais, d'ores et déjà, il est possible de penser qu'elles seront accueillies avec satisfaction par les aviateurs et les utilisateurs pour lesquels l'installation d'un radar à bord d'un avion n'est pas un problème simple à résoudre, et qui se trouvent, lorsqu'il faut en mettre deux, devant un problème presque insoluble.

Article reçu en avril 1971.

<sup>(1)</sup> Les deux exposés sont condensés en un seul article par M. MIJONNET en accordance avec M. DESINDES.

<sup>(2)</sup> L'article de MM. BROUSSAUD et TINET n'est pas reproduit ici.

# es problèmes opérationnels

J. MIJONNET

Service Technique des Télécommunications de l'Air (STTA)

## Sommaire

Dans une première partie, l'auteur examine les problèmes opérationnels communs à l'aviation civile et à l'aviation militaire, la détection des masses nuageuses, aide à l'atterrissage, détection des turbulences en ciel clair.

Dans une deuxième partie, il passe en revue les problèmes plus spécifiquement militaires.

## Introduction

En matière de détection d'obstacles, il convient de faire une distinction entre les problèmes opérationnels civils et militaires. Certaines préoccupations sont naturellement communes dans la mesure où certaines phases du vol des avions civils et militaires sont les mêmes :

- soit, par exemple, qu'il s'agisse de détecter les perturbations orageuses pendant le vol de croisière ou le relief qui peut constituer un obstacle dangereux ;
- soit encore qu'il faille repérer la piste d'atterrissage pendant les phases d'approche en vol sans visibilité.

Ces problèmes feront l'objet de la première partie de l'exposé, tandis que la question plus spécifiquement militaire du vol à basse altitude sera évoquée dans la deuxième partie.

## Problèmes communs aux aviations civiles et militaires

### 1. La détection des masses nuageuses

La détection des masses nuageuses et plus généralement des obstacles devant l'avion en vol de croisière

est une nécessité impérieuse, tant pour la sécurité que pour le confort des passagers. Etant donné le volume souvent important des perturbations, la détection doit en être acquise de très loin afin d'éviter des détournements angulaires importants, générateurs de retard et d'accroissement de la consommation de carburant.

Une portée de plusieurs centaines de milles nautiques est souvent requise pour les gros avions. Cela conduit tout naturellement à la définition d'une catégorie très performante de radars météorologiques.

Pour des appareils plus petits, la notion de coût d'un détournement intervient moins et seule subsiste celle de sécurité. Cela donne naissance à une variété de radars météorologiques plus légers dont la portée souhaitée ne dépasse pas 100 milles nautiques.

### 2.2. L'aide à l'atterrissage

Il existe actuellement de nombreux procédés d'aide à l'atterrissage. Le plus connu est l'ILS. Ces procédés, mis au point, présentent toutefois l'inconvénient d'une infrastructure importante. L'avion est donc tributaire du bon fonctionnement d'appareils dont il n'est pas maître.

L'idée vient donc de placer directement dans l'avion un détecteur capable de déterminer de façon très précise la position de l'aéronef par rapport à la piste, afin de vérifier les indications de l'ILS ou même de permettre un atterrissage autonome.

La précision demandée est importante. De nombreux procédés ont d'ores et déjà été essayés et il semble qu'une solution radar puisse s'imposer, surtout si la fonction météorologique peut être, du même coup, assurée.

### 2.3. La détection des turbulences en ciel clair

Aux besoins exprimés ci-dessus et reconnus depuis longtemps par l'Aviation Civile, est venu s'ajouter, depuis l'apparition des avions long-courriers subsoniques, le problème posé par les turbulences en ciel clair à haute altitude. Ces turbulences peuvent être

très violentes et entraîner des dommages pour les passagers et les avions.

Pour assurer leur détection, il est nécessaire d'utiliser le principe de la radiométrie, et il semble que le domaine de l'infrarouge puisse donner de meilleurs résultats.

C'est dans cette voie que des réalisations ont été effectuées au stade maquette volante aux Etats-Unis et en France. Au cours de la demi-journée d'études, un exposé a été présenté par M. BROUSSAUD, ingénieur de la Compagnie THOMSON-CSF qui a participé à l'élaboration et aux essais du matériel français (\*).

Il est souhaitable que la présentation des informations ait lieu sur un scope analogue à celui qui est utilisé pour les radars météorologiques de bord, de façon à ce que le pilote puisse effectuer les manœuvres qu'il juge nécessaires, en fonction de l'importance du danger qui lui est présenté.

### 3. Problèmes propres à l'aviation militaire

Venons-en maintenant aux aspects militaires.

#### 3.1. Le vol à basse altitude

Pendant très longtemps, la méthode utilisée par l'Aviation Militaire pour pénétrer en territoire ennemi a consisté à voler très rapidement pour échapper à l'interception adverse et très haut pour se soustraire au tir des batteries de DCA.

Cette technique a été partiellement mise en défaut pour l'apparition du radar qui a permis, grâce à une détection lointaine, d'augmenter les temps de préavis, donc d'assurer des interceptions plus efficaces. On a su très rapidement implanter des radars assurant une couverture importante à haute altitude ;

Or, ces radars sont inopérants contre des avions volant à basse altitude pour deux raisons :

— L'horizon radioélectrique est très limité.

— La détection est rendue difficile et même impossible par la présence des échos de sol dans lesquels se noie l'écho de la cible.

Pour assurer la pénétration d'avions en territoire ennemi, soit pour y faire de la reconnaissance, soit pour y apporter une charge militaire, on a donc été amené à faire voler les avions le plus bas possible, l'expérience montrant qu'il est alors très difficile de les détecter.

La mission militaire devant être assurée par tous les temps, nous sommes donc en face du problème suivant :

— Comment faire voler un avion à une vitesse proche de celle du son, à une altitude aussi faible que 300 pieds, en assurant une trajectoire la plus proche possible du relief, une sécurité très bonne, quelles que soient les conditions météorologiques, tout en conservant un pilotage facile et un confort relatif à l'équipage.

Nous analyserons ces différentes exigences successi-

vement et nous verrons ce à quoi elles conduisent sur le plan des matériels.

#### 3.1.1. Vol tous temps

Le vol par tous les temps impose pratiquement l'usage d'un radar comme moyen de détection d'obstacles. Quelles doivent être les caractéristiques de cet appareil ? En fait, il convient, à ce stade, de distinguer deux méthodes pour passer les obstacles : soit sauter par dessus en suivant une trajectoire rectiligne dans le plan vertical, ce sera alors du *suivi de terrain*, soit en tournant autour pour faire de *l'évitement d'obstacles*.

Les caractéristiques du radar ne seront pas tout à fait les mêmes pour les deux types de trajectoire.

##### A. Evitement d'obstacles

Ainsi, pour le second type de trajectoire — évitement d'obstacles — que les hélicoptères utiliseront de préférence à cause de leur maniabilité, on présentera au pilote l'image du sol donnée par le radar, en s'attachant à faire ressortir par une surbrillance, par exemple, les obstacles dont l'altitude est supérieure à celle de l'aéronef, compte tenu d'une certaine marge de sécurité appelée *hauteur de garde*.

Le pilote est à même, au vu de cette image, de choisir une trajectoire très basse et encaissée, donc « défilée aux yeux de l'ennemi » comme disent les artilleurs.

##### B. Suivi de terrain

Le saut d'obstacles, ou suivi de terrain, sera de préférence utilisé par les avions, dont la maniabilité est plus grande dans le plan vertical que dans le plan horizontal. Le radar n'a plus, dans ces conditions, qu'à détecter les obstacles dans le plan vertical par un balayage de l'antenne dans ce plan. Il est associé à un calculateur qui détermine en temps réel, compte tenu de la position des obstacles et des possibilités d'évolution de l'avion, un ordre à piquer ou à cabrer.

Plusieurs données opérationnelles sont à prendre en considération pour le choix de la trajectoire. En premier lieu, il faut qu'elle épouse le plus parfaitement possible le relief. On dégage ainsi la notion d'altitude de garde : c'est la hauteur moyenne de l'avion au-dessus du relief. C'est l'altitude de vol au-dessus d'un terrain plat ; c'est aussi la hauteur de passage au-dessus des obstacles. Le choix de cette altitude est un compromis entre deux exigences de sécurité contradictoires : voler bas pour ne pas être vu, voler haut pour limiter le risque de collision. Le plus souvent le pilote a la faculté de choisir, par un affichage adéquat, l'altitude de garde entre 200 et 2 000 pieds, par exemple.

Un autre impératif important est de passer les crêtes en vol horizontal. Un obstacle ne doit pas servir de tremplin. Cette exigence conduit à une complication du système : il faut nécessairement faire appel à une centrale de verticale pour connaître le plan horizontal.

#### 3.1.2. Pilotabilité

Très lié au problème de la trajectoire, on trouve celui de la *pilotabilité* et du confort de l'équipage ; car il faut amener à pied d'œuvre un équipage pas trop

(\*) L'exposé de M. BROUSSAUD sera publié dans la revue *Navigation*.

rouvé. On peut évidemment songer à lier directement le radar de détection d'obstacles au pilotage automatique sans intervention humaine. Pour des raisons de prix, on peut n'envisager qu'un pilotage manuel. Un ordre à piquer ou à cabrer est alors donné au pilote sur un indicateur adapté. Ces ordres sont suffisamment mous pour ne pas provoquer d'accélération trop importantes dans le plan vertical. Là encore, il faut donner à l'équipage le choix entre plusieurs valeurs, les piqués se faisant entre  $-0,25$  g et  $-0,5$  g, les cabrés ne dépassant pas 1 à 2 g. De plus, il faut filtrer considérablement les ordres pour que leur fréquence soit compatible avec les réflexes humains.

### 3.2. Sécurité

Enfin, avant de clôturer ce bref panorama des exigences opérationnelles en matière de détection d'obstacles, il convient de s'attarder sur le problème de la sécurité qui, on le conçoit, est ici particulièrement crucial. La moindre panne pouvant provoquer un ordre à piquer fatal, tous les appareils contribuant au vol à basse altitude doivent avoir une fiabilité extrême, être redondants chaque fois que cela est possible, et être munis de tests intégrés automatiques les plus complets. Ces exigences sont quelquefois contradictoires. Il en résulte qu'une solution ne peut être adoptée qu'après études et essais très sérieux.

# Radioaltimètre à modulation de fréquence

J.P. LANDROT

Société TRT

## Résumé

*L'auteur rappelle la particularité des problèmes posés dans la conception des radioaltimètres. Il explique brièvement quelques-unes des solutions apportées par la nouvelle génération de radioaltimètres à modulation de fréquence développés par TRT.*

## 1. But du radioaltimètre

L'altimètre radioélectrique est l'équipement de bord complémentaire du traditionnel baro-altimètre. Le « baro » traduit en altitude l'écart de pression par rapport à une certaine référence (niveau de la mer ou niveau local d'un aéroport). Il permet donc la navigation isobarique et la localisation d'un aéronef indépendamment du relief du sol survolé.

Par contre, la radioaltimètre mesure la hauteur de l'avion au-dessus du sol effectivement survolé. Ses applications civiles et militaires sont nombreuses, de l'altitude « zéro » jusqu'à des valeurs toujours de plus en plus élevées.

Depuis environ douze ans, TRT a conçu différents types de radioaltimètres couvrant toutes les applications : pilotage d'engins, aide à la navigation à basse altitude, vols stationnaires d'hélicoptère, système d'armes, atterrissage automatique.

## 2. Principe du radioaltimètre

La mesure radioélectrique de la hauteur d'un aéronef consiste à évaluer le temps écoulé entre l'émission d'une onde et sa réception après réflexion sur le sol. La bande de fréquence allouée actuellement aux radioaltimètres s'étend de 4 200 à 4 400 MHz (ondes centimétriques).

Le radioaltimètre est donc un système radar particulier ; il est généralement constitué d'un coffret émetteur récepteur, de deux antennes fixes d'émission et de réception et d'un indicateur, le plus souvent à présentation analogique ; différentes sorties (tensions proportionnelles à l'altitude) sont destinées au couplage des autres instruments de bord. Les qualités du radioaltimètre sont liées à l'originalité de certains problèmes à résoudre :

— Temps de transit très brefs, (30 ns lorsque l'avion est au sol).

— Nécessité d'éviter les obstacles fixes constitués par le couplage entre antennes, le train d'atterrissage, les réservoirs supplémentaires, etc.

— Dynamique importante des signaux reçus en fonction de l'altitude (variation supérieure à 100 dB entre 0 et 20 000 ft par exemple).

— Mesure d'altitude indépendante des mouvements de roulis et de tangage.

— Influence de la nature du sol (réflexion spéculaire ou diffusion).

— Réponse aux obstacles, immunité au brouillage, protection contre les trajets multiples, utilisation simultanée de deux ou même de trois radioaltimètres à bord du même aéronef et enfin sécurité d'emploi tout particulièrement pour l'atterrissage automatique.

La mesure d'altitude s'effectue généralement en pulsion ou en modulation de fréquence à récurrence  $\tau$ . Pour un certain nombre de raisons qui seront exposées ultérieurement, TRT a choisi pour sa nouvelle génération de radioaltimètres la modulation de fréquence à pente asservie dissymétrique.

## Modulation de fréquence classique

La figure 1 permet d'établir la relation élémentaire suivante, valable dans le cas d'une modulation linéaire :

$$\frac{\tau}{T} = \frac{f_b}{\Delta F}$$

$$\tau = \frac{2h}{C}$$

- $\tau$  : temps de transit de l'onde,
- $T$  : demi-période de récurrence de la modulation,
- $\Delta F$  : écart de fréquence existant à tout moment entre l'émission et la réception,
- $f_b$  : excursion de fréquence,
- $h$  : hauteur de l'aéronef au-dessus du sol.

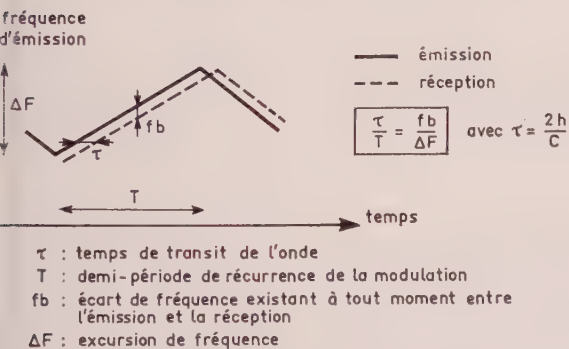


FIG. 1. — Principe de la modulation de fréquence.

### 1. Première méthode (fig. 2)

La méthode la plus simple consiste à maintenir  $\Delta F$  constants, l'altitude  $h$  est donc directement proportionnelle à l'écart de fréquence appelé fréquence de battement. La mesure d'altitude consiste alors à compter le nombre d'alternances de  $f_b$  pendant la période  $T$ .

La simplicité d'un tel système cache des défauts importants.

— Le système fonctionne en boucle ouverte, il est donc sensible au brouillage.

— De grandes variations d'altitudes nécessitent de grandes variations de la fréquence de battement, cela impose un récepteur à large bande donc un faible rapport signal sur bruit.

— La mesure de  $f_b$  s'effectue à l'aide d'un compteur, elle est donc entachée d'une erreur de quantification généralement appelée « marche altimétrique ».

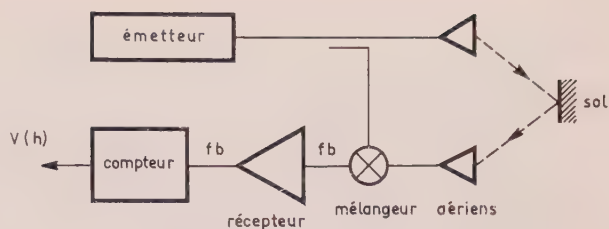


FIG. 2. — Radioaltimètre à modulation de fréquence, méthode la plus simple.

### 3.2. Deuxième méthode (fig. 3)

Tout en maintenant la période  $T$  de modulation constante, l'excursion de fréquence  $\Delta F$  est asservie à l'altitude. Il existe alors une relation de la forme  $\varphi(\Delta F, f_b, h) = 0$ . Cette méthode, plus élaborée que la précédente, permet de réduire les variations de  $f_b$  donc de limiter la bande passante du récepteur. Le radioaltimètre fonctionnant en boucle fermée, la sécurité d'emploi est accrue. La mesure d'altitude reste affectée de la « marche altimétrique » puisqu'elle repose sur un comptage de fréquence. Notons cependant que cette marche altimétrique n'est qu'un défaut théorique ; en vol, il y a le plus souvent un « brassage de phase » dû aux irrégularités du sol, au diagramme de rayonnement des antennes et à la non-linéarité de la modulation.

Cette méthode de fonctionnement constituait, jusqu'à ce jour, le principe de la plupart des radioaltimètres à modulation de fréquence. Ils donnent des résultats satisfaisants notamment dans la mesure des basses altitudes.

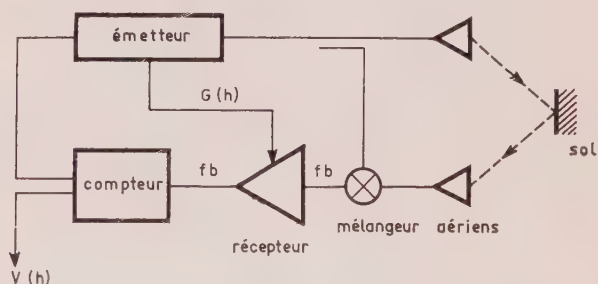


FIG. 3. — Schéma simplifié d'un radioaltimètre classique.

## 4. Modulation de fréquence à pente asservie

Il était cependant possible de concevoir un mode d'exploitation du signal de modulation de fréquence améliorant les performances et la sécurité d'emploi.

Dans la nouvelle génération de radioaltimètres TRT, les objectifs principaux étaient les suivants :

- équipement « solid state »,
- récepteur à bande étroite et constante,
- suppression du compteur de fréquence,

— un seul paramètre variable proportionnel à l'altitude,

— boucle d'asservissement facilement surveillée et éventuellement autocalibrée.

Ces buts ont été atteints grâce au développement d'un émetteur transistorisé fonctionnant à 4 300 MHz et modulable linéairement en fréquence avec une excursion supérieure à 100 MHz.

Dans la nouvelle génération de radioaltimètres TRT, la mesure d'altitude s'effectue par un asservissement simple. Contrairement aux autres équipements, l'écart de fréquence entre l'émission et la réception est maintenu constant quelle que soit l'altitude ; cela est réalisé en asservissant la pente de modulation de l'émetteur ; c'est le seul paramètre variable, il est proportionnel à l'altitude.

La formule classique établie au paragraphe 3, s'écrit

$$h = \frac{C}{2} \frac{f_b}{\Delta F} T$$

soit :

$$h = K T$$

avec :

$$K = \frac{C}{2} \frac{f_b}{\Delta F}$$

La modulation de fréquence et la fréquence de battement ont l'allure représentée sur la figure 4.

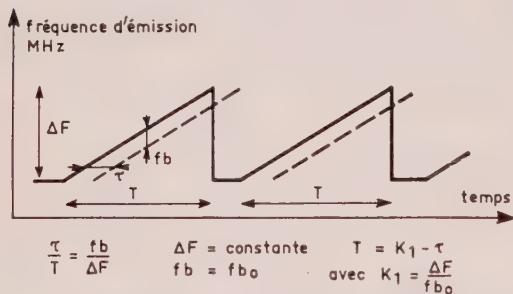


FIG. 4. — Modulation de fréquence utilisée.

Le bloc diagramme simplifié du radioaltimètre est celui de la figure 5.

Le discriminateur de fréquence de poursuite est centré sur la fréquence idéale  $f_{b0}$ . Le spectre de la fréquence de battement reste centré sur cette fréquence  $f_{b0}$  car la tension d'erreur du discriminateur de poursuite corrige la pente de modulation de l'émetteur (ou ce qui revient au même, la durée  $T$  de la modulation puisque l'excursion de fréquence  $\Delta F$  est constante) (fig. 6).

Un discriminateur de contrôle vérifie que le spectre de battement est effectivement centré sur  $f_{b0}$ . En l'absence de ce spectre, on déclenchera un cycle de recherche et un dispositif d'alarme avec les constantes de temps appropriées. Au cours de la recherche, on imposera successivement les différentes pentes de modulation ; dès que la pente de modulation correspond effectivement à l'altitude de l'aéronef, le niveau

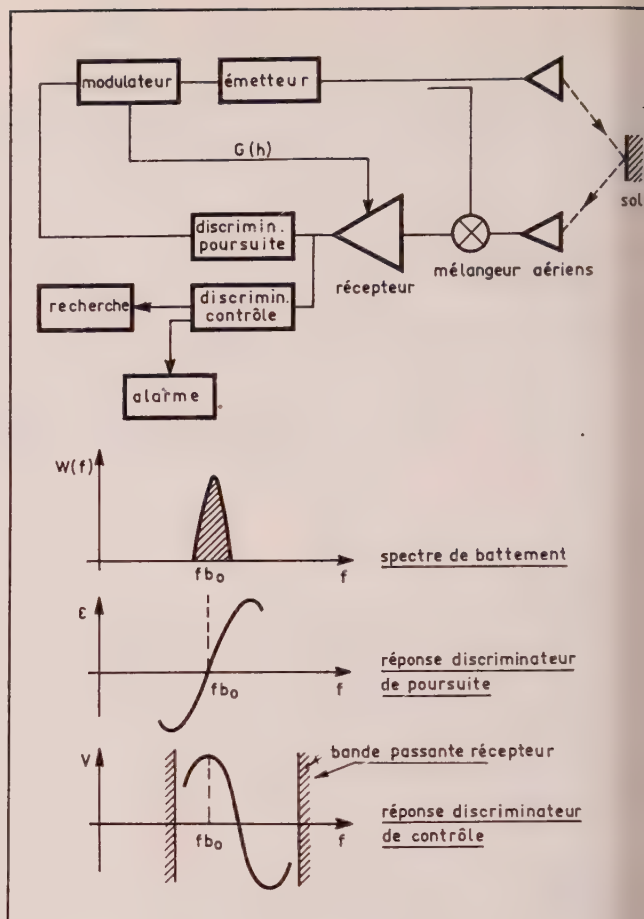


FIG. 5. — Principe du radioaltimètre à modulation de fréquence à pente asservie.

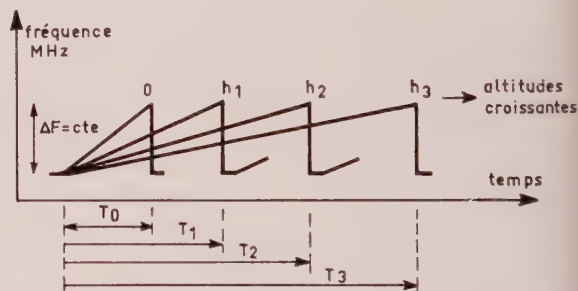


FIG. 6. — Variations de la pente de modulation en fonction de l'altitude.

d'énergie dans la bosse positive du discriminateur de contrôle devient supérieur à un seuil prédéterminé et le radioaltimètre s'asservit normalement.

Le niveau du signal reçu est, en premier lieu, une fonction de l'altitude. Le gain du récepteur est programmé en fonction de l'altitude. Le discriminateur de contrôle vérifie donc en permanence la qualité du signal reçu ; il constitue donc une surveillance des circuits de la boucle altimétrique y compris la liaison aux aériens, les aériens eux-mêmes et la réflexion sur le sol.

L'information d'altitude s'obtient en élaborant une tension proportionnelle à la période de récurrence  $T$ .

# Explications très simplifiées des qualités opérationnelles

## 1. Précision. Gamme d'altitude

L'état actuel de la technologie utilisée permet d'obtenir sur bon réflecteur (piste d'atterrissage, eau calme) une précision de l'ordre de 1 ft ou 1 % de l'altitude mesurée ; (voir résultats d'essais au CEV portés sur la figure 7). La gamme d'altitude est généralement limitée à 5 000 ft mais il est possible de mesurer des altitudes beaucoup plus élevées.

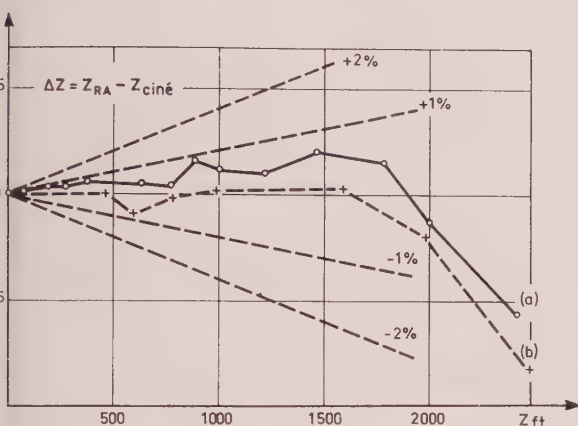


FIG. 7. — Essais en vol du radioaltimètre AHV 6 au CEV de Bretigny en septembre 1968.

## 2. Mesure des faibles altitudes

Lorsque l'aéronef est au voisinage du sol, le temps de transit est voisin de 30 ns. A la mesure de ce temps très bref est substitué la mesure de la période  $T$  de modulation. Or ces deux grandeurs sont reliées

par la relation  $T = \frac{\Delta F}{f_b} \tau$ . Le facteur d'échelle  $\Delta F/f_b$

est voisin de  $5 \cdot 10^3$ . Au lieu d'avoir à mesurer des nanosecondes, on mesurera donc des microsecondes.

## 3. Roulis. Tangage

D'une façon générale le radioaltimètre doit être insensible aux mouvements propres de l'avion.

Dans ce but le diagramme de rayonnement des antennes est très large (plusieurs dizaines de degrés) pour un affaiblissement à 3 dB. L'énergie réfléchie dans la verticale sera donc toujours suffisante pour que la mesure soit possible.

## 4. Influence de la diffusion du sol

La sensibilité d'un radioaltimètre est évidemment supérieure sur sol diffusant que sur bon réflecteur. Cependant, même, si l'on ne prenait pas des précautions particulières, la précision de la mesure serait fortement dégradée.

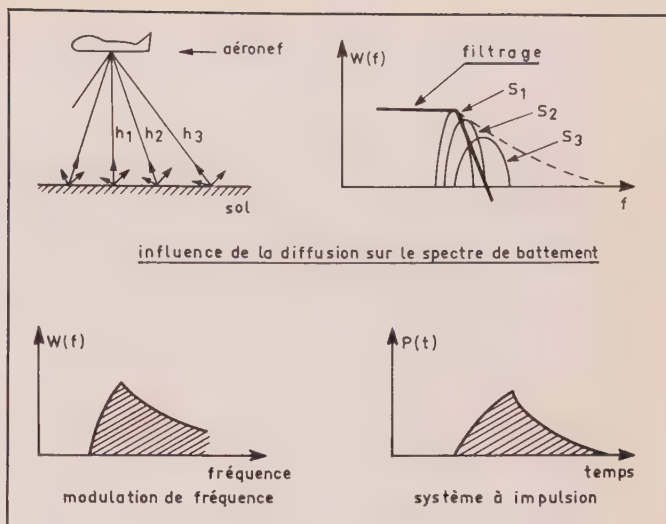


FIG. 8. — Influence de la diffusion sur le spectre de battement et comparaison modulation de fréquence-impulsions.

A l'altitude théorique  $h_1$  correspond le spectre de fréquence  $S_1$ . Aux trajets obliques  $h_2, h_3$  correspondent les spectres  $S_2, S_3$ , etc. Cet élargissement de spectre qui s'accroît avec le roulis et le tangage tend à accroître la valeur de l'altitude mesurée.

Un filtrage approprié au niveau du récepteur permet de diminuer l'influence des trajets obliques. Ce filtrage en modulation de fréquence est l'équivalent de la fenêtre télémétrique avec poursuite du front avant dans un système en impulsion. Il y a parfaite analogie entre les deux graphiques  $W(f)$  et  $P(t)$  de la figure 8.

## 5.5. Influence de l'effet Doppler

Lorsque l'avion a une vitesse verticale importante, l'effet Doppler provoque un déplacement du spectre de fréquence. Cela engendre une avance sur l'information d'altitude. Cette avance est normalement compensée par la constante de temps de l'équipement.

Dans certains cas opérationnels, il peut être intéressant de conserver cette avance de phase.

Lorsqu'il n'y a qu'une vitesse horizontale, l'effet Doppler a pour effet de diminuer l'influence de la diffusion en redressant le front avant du spectre ; il tend donc à améliorer la précision du radioaltimètre.

## 5.6. Obstacles fixes

Les obstacles fixes sont à courtes distances. Leur écho est éliminé par une forte diminution du gain du récepteur à faible altitude.

## 5.7. Fonctionnement simultané de deux radioaltimètres

Pour l'atterrissage automatique on utilise généralement deux radioaltimètres à bord du même avion. Il est important que les deux équipements ne se brouillent pas l'un et l'autre. L'indépendance complète des deux systèmes est obtenue grâce à une

large excursion de fréquence (supérieure à 100 MHz) et une bande très étroite à la réception (environ 10 kHz).

## 5.8. Réponse aux obstacles

La réponse de la boucle altimétrique est excessivement rapide (de 200  $\mu$ s à quelques millisecondes suivant les applications). Le radioaltimètre est donc capable de suivre les moindres variations du terrain survolé. Cependant, pour la plupart des applications du radioaltimètre, il est demandé de filtrer la sortie.

Les constantes de temps généralement utilisées sont de quelques centaines de millisecondes.

## 5.9. Atterrissage automatique. Intégrité

Pour l'atterrissage automatique des nouveaux avions commerciaux, il est actuellement demandé une probabilité de panne non détectée inférieure à  $10^{-9}$  pendant les trente dernières secondes précédant l'atterrissage.

L'autocontrôle et l'autocalibrage du radioaltimètre AHV 5 constituent une approche du problème.

Dans cet équipement, le bon fonctionnement qualitatif de toute la boucle de mesure (coffret émetteur-récepteur, coaxiaux et antennes ainsi que le sol) est vérifié en permanence par un discriminateur de contrôle. De plus, au rythme de trois fois par seconde, l'équipement est recalibré en substituant à la mesure d'altitude la mesure d'une ligne à retard étalon. La calibration s'effectue en réajustant la constante de proportionnalité qui lie l'altitude à la grandeur physique mesurée. Cette méthode permet de vérifier que tous les circuits y compris le discriminateur de contrôle, ont un fonctionnement normal ; elle permet d'assurer à long terme la précision de l'équipement. L'alarme n'est donnée que si la calibration nécessite un réajustement trop important (alors que la précision continue à être maintenue).

Des circuits de contrôle additionnels vérifient que les séquences précédentes s'effectuent normalement ; ils assurent qu'au cours de la calibration la sortie d'altitude est correctement mise en mémoire, ils contrôlent enfin que la valeur d'altitude extraite de la boucle de mesure a les caractéristiques requises.

L'ensemble coaxiaux-antennes est également contrôlé : en fonctionnement normal, il fait partie de la boucle de mesure d'altitude, il est donc surveillé. Au-dessus de la zone opérationnelle, il convient de s'assurer que l'absence de signal est dû à l'altitude trop élevée et non à une rupture des coaxiaux ou des antennes. Ce contrôle est effectué au moyen d'une ligne à retard reliant en permanence les deux antennes en l'absence de signal provenant du sol, les calibrations (trois fois par seconde) et les cycles normaux de recherche d'altitude seront imbriqués avec le contrôle entre antennes (au rythme d'une fois par seconde environ).

L'indicateur d'altitude est, lui aussi, surveillé : une anomalie de position de son aiguille est signalée au pilote sans nécessairement pour cela déconnecter le pilote automatique.

De plus, en cas d'alarme, la logique de contrôle permet d'identifier si l'anomalie provient du coffret émetteur-récepteur, de l'ensemble coaxiaux-antennes ou de l'indicateur. Trois avertisseurs de panne vérrouillés situés sur la face avant du coffret principal signalent à l'escalpe si au cours du vol une anomalie a été détectée sur l'un des trois sous-ensembles ; la maintenance de l'équipement est donc simplifiée.

## 6. Conclusion

Les radioaltimètres modernes permettent d'effectuer des mesures d'altitude avec une excellente précision. La gamme d'altitude s'étend de zéro pied à des altitudes toujours de plus en plus élevées.

Nous avons expliqué, d'une manière très simplifiée, comment on obtient des propriétés spécifiques aux radioaltimètres. Comme pour de nombreux équipements électroniques, certaines exigences opérationnelles sont contradictoires ; suivant l'application souhaitée, il est possible de développer une propriété particulière.

Le radioaltimètre est certainement un détecteur d'obstacles et améliore la sécurité du vol. Son application essentielle a été, jusqu'à ce jour, la mesure d'altitude mais les techniques des radioaltimètres modernes pourraient être utilisées à d'autres fins.

# Radar d'évitement d'obstacles pour hélicoptères

G. COLLOT

Electronique Marcel Dassault (EMD)

## Résumé

Le radar SAIGA a été développé par l'ELECTRONIQUE MARCEL DASSAULT sous contrat du Service Technique des Télécommunications de l'Air en 1966 et 1967. Les essais en vol ont commencé en 1968 et se sont poursuivis jusqu'à la mi 1969. A la fin de ces essais en vol, il y a eu plusieurs évaluations tant française qu'étrangères pour vérifier la validité du matériel dans différentes conditions de vol.

## Introduction

Ainsi qu'il a été dit précédemment, le type de détection d'obstacles pour la pénétration à basse altitude sera très différent selon qu'il s'applique à un avion volant à grande vitesse ou à un hélicoptère manœuvrant à vitesse beaucoup plus réduite.

Dans le premier cas, la pénétration a lieu presque en ligne droite et les obstacles doivent être sautés avec un vecteur vitesse horizontal à la plus faible altitude possible.

Dans le second cas, celui que nous traitons ci-après, l'évitement d'obstacles peut se faire en freinant, en tournant ou en sautant au-dessus de l'obstacle. Il faut aussi remarquer que la vitesse étant plus faible, il faut voler plus bas que dans le premier cas pour diminuer le temps de découvert.

## Principe de fonctionnement

Le radar SAIGA est un matériel héliporté, il permet de voler tous temps à très basse altitude. Les principes mis en œuvre dans le radar SAIGA sont adaptés aux conditions particulières du vol d'un hélicoptère, un appareil qui peut s'enfoncer profondément dans le relief.

L'équipement se compose essentiellement de deux unités :

— le radar proprement dit, monté dans le nez de l'hélicoptère et dont le rôle est d'explorer l'espace à l'intérieur duquel le vol va se poursuivre (fig. 1),

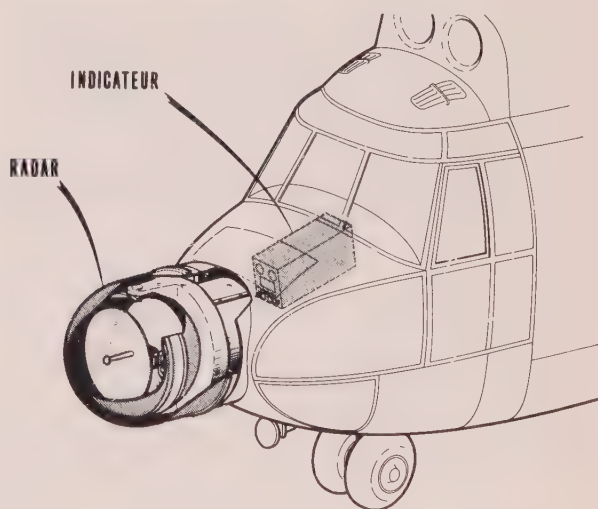


FIG. 1. — Saïga radar d'évitement d'obstacles pour hélicoptère.

— l'indicateur, installé dans le poste pilote, dont la face avant groupe toutes les commandes d'exploitation.

L'ensemble constitue un matériel rustique, compact et léger, qui allie la facilité d'installation à une maintenance aisée. Il répond aux normes concernant les matériels aéroportés et a été conçu en tenant compte des conditions d'environnement rencontrées à bord d'un hélicoptère.

La réalisation à haute densité, fait appel à des éléments d'une technologie avancée : transistorisation très poussée, circuits intégrés, circuits imprimés. C'est pourquoi, le poids du radar, y compris le radome et l'indicateur, est relativement faible : environ 60 kg.

2.1. Utilisation opérationnelle

Le radar SAIGA permet les fonctions opérationnelles d'évitement d'obstacles et de visualisation du sol (sur option).

L'évitement d'obstacles peut s'effectuer dans deux plans, et comme le pilotage est manuel, il est possible de choisir la manœuvre de dégagement la plus appropriée : franchissement, contournement ou freinage.

A cet effet, la situation est clairement présentée au pilote sur un indicateur cathodique qui affiche tous les obstacles dangereux ainsi que des repères facilitant l'exploitation.

2.2. Détection des câbles

Le radar SAIGA, grâce à l'utilisation de la bande Ka qui permet d'obtenir un faisceau d'antenne très étroit, détecte les obstacles isolés tels que les pylônes ainsi que les câbles des lignes à haute tension. Cette possibilité permet le vol à très basse altitude par tous temps.

2.3. Visualisation du sol

Cette fonction peut être ajoutée, sur option, au radar SAIGA.

Dans ces conditions, la représentation utilisée est du type B. Cette fonction permet la navigation et la recherche d'un site dégagé pour des manœuvres telles que : la navigation ou le largage du matériel ou de personnel, la récupération du personnel en mer.

L'exploration de l'espace s'effectue à l'aide de deux antennes couplées à l'intérieur d'une large portion de sphère située à l'avant de l'hélicoptère (fig. 2).

— en gisement

balayage sur :  $\pm 80^\circ$   
résolution :  $1,3^\circ$   
temps d'examen (une ligne) : 40 ms environ

— en site

balayage sur :  $20^\circ$  à  $40^\circ$  avec les deux antennes couplées.

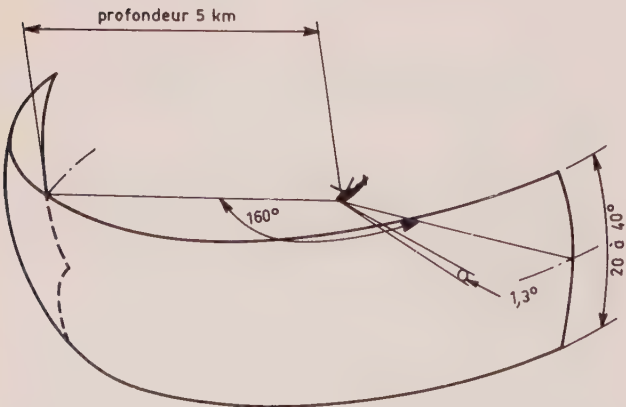


FIG. 2. — Domaine d'exploration.

temps d'examen : 1 s environ

— distance

zone utile : 70 m à 5 000 m  
résolution : 30 m

L'enfoncement maximal de l'hélicoptère dans le relief est lié à la finesse de l'analyse qui s'obtient par la mise en œuvre d'un pouvoir séparateur élevé en site, gisement et distance.

Compte tenu des faibles dimensions de l'ensemble et de celles des antennes en particulier, il a fallu rechercher un faisceau relativement fin, par l'adoption d'une longueur d'onde aussi courte que possible. Le choix de la bande Ka permet d'obtenir une ouverture de faisceau de  $1,3^\circ$  dans les deux plans il reste compatible avec les portées nécessaires quelles que soient les conditions météorologiques.

Le pouvoir séparateur en distance est de 30 m, valeur homogène avec les définitions angulaires données par le faisceau à l'intérieur du domaine de recherche.

Cette valeur, qui correspond à une impulsion relativement brève ( $0,2 \mu s$ ), permet en outre de réduire les perturbations dues aux réflexions sur un rideau de pluie.

La navigation en aveugle, à très basse altitude n'est possible que si le pilote dispose d'un moyen capable d'évaluer le relief qui va être survolé, afin de déterminer les obstacles dangereux à la poursuite du vol. Ce moyen est réalisé pratiquement grâce à la « surface de garde » lieu des obstacles nécessitant une manœuvre d'évitement de l'hélicoptère (fig. 3).

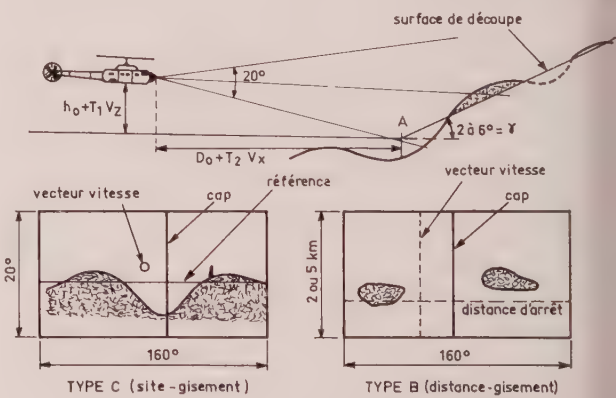


FIG. 3. — Principe de localisation des obstacles.

Les obstacles situés au-dessous de la courbe de garde ne sont pas dangereux et ceux situés au-dessus sont dangereux. Cette surface de garde est située sous l'hélicoptère à une hauteur appelée « hauteur de garde », dont la valeur peut être choisie entre 30 et 300 m, au gré du pilote.

L'expérience de l'ELECTRONIQUE MARCEL DASSAULT dans le domaine des radars et des calculateurs appliqués à la détection d'obstacles a permis de définir une solution simplifiée de méthode de calcul pour l'application au vol basse altitude d'un hélicoptère. Le principe général consiste à comparer en permanence la position et la variation de position des échos reçus par rapport à un gabarit défini à l'avance,

Le gabarit choisi pour SAIGA consiste en deux segments de droite dont la position du point A d'articulation dépend de la vitesse du porteur (fig. 3). La pente du deuxième segment de droite a été définie une fois pour toutes après expérimentation.

La position du gabarit (courbe de garde) par rapport au porteur dépend de la hauteur affichée et de la vitesse de descente, les équations des points caractéristiques de la courbe sont les suivantes :

- position verticale :  $h = h_0 + T_1 V_z$   
seulement pour  $V_z < 0$
  - point d'articulation :  $D = D_0 + T_2 V_x$
  - pente du deuxième segment de droite : 2 à 6°
- avec :
- $h_0$  = hauteur affichée par le pilote,
  - $V_z$  : vitesse de descente,
  - $T_1$  = constante de temps qui dépend des caractéristiques aérodynamiques du porteur,
  - $V_x$  = vitesse sol horizontale,
  - $T_2$  = constante qui dépend des caractéristiques aérodynamiques du porteur.

Deux types de présentation sont réalisés :

- une présentation gisement-site type « télévision » « type C » particulièrement bien adaptée à la situation puisqu'elle restitue sensiblement l'image du paysage situé devant l'hélicoptère ;
- une présentation gisement-distance de « type B » donnant une image très fine du relief découpé par la surface de garde. La distance maximale est, au choix, 2 ou 5 km.

Dans les deux cas, et afin d'être facilement interprétable, l'image est stabilisée en gisement et les échos dangereux sont présentés en surbrillance sur fond noir.

A ces images sont incorporés :

- une ligne de référence permettant le pilotage dans le plan vertical, et qui figure la surface de garde.
- les obstacles dangereux sont situés au-dessus de cette ligne de référence et les obstacles non dangereux sont situés au-dessous,
- un marqueur correspondant à la direction du vecteur vitesse de l'hélicoptère, le pilotage consistant

essentiellement à maintenir ce repère dans une zone dégagée. Ce vecteur vitesse est symbolisé par un cercle en type C et par une ligne pointillée en type B,

- un marqueur figurant la route à suivre ou le cap obtenu à partir de l'affichage des données du système de navigation de bord.

Sur la présentation « type B », en plus des marqueurs vecteur vitesse et route à suivre, il y a :

- des marqueurs de distance, espacés de 500 m sur l'échelle 2 km et de 1 000 m sur l'échelle 5 km,
- le marqueur « distance d'arrêt » symbolisé par une ligne pointillée. Cette distance d'arrêt varie en fonction de la valeur de la vitesse horizontale de l'hélicoptère.

La présentation des obstacles et des marqueurs associés permet au pilote :

- d'avoir une vue d'ensemble du relief au voisinage de la route suivie,
- de pouvoir se dérouter, afin d'éviter le survol d'un obstacle important se trouvant devant lui,
- de pouvoir freiner à temps si le déroutement n'est pas possible.

## 2.4. Pilotage en saut d'obstacle

Le problème consiste à donner à l'hélicoptère une pente de montée correcte. La figure 4 montre le processus.

La surface de découpe, liée à l'hélicoptère, doit être normalement en contact avec le sol. Lorsqu'il se présente un obstacle, le pilote doit donner à son hélicoptère une pente de montée  $\alpha$  de façon à passer à la verticale de l'obstacle à une hauteur  $h_0$ . L'angle de pente  $\alpha$  est précisément l'écart de position par rapport à la ligne de référence horizontale indiqué par le marqueur cercle.

La seule opération à effectuer par le pilote consiste simplement à maintenir le centre du cercle du vecteur vitesse sur le sommet de l'obstacle.

Les trois figures 4a, b, c, indiquent :

- a) le vol est trop haut parce que la ligne de référence symbolisant la surface de découpe est au-dessus du

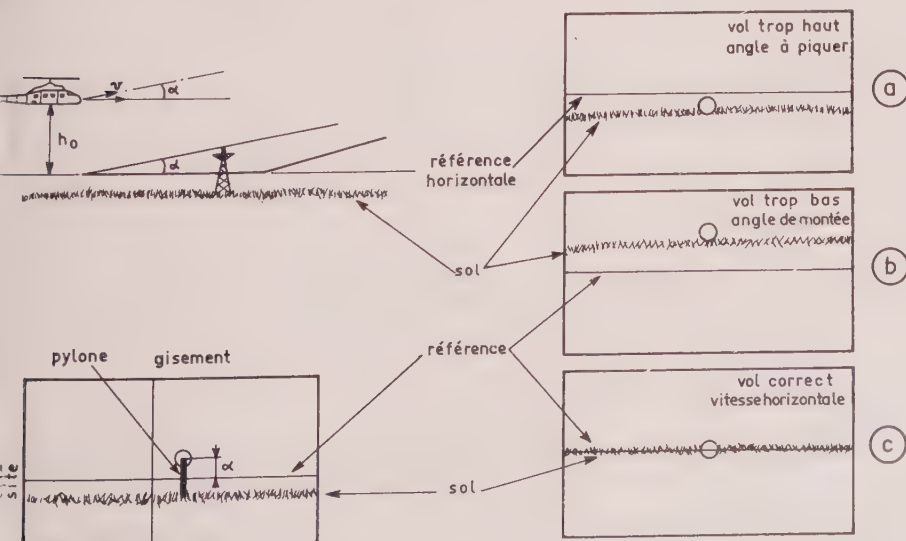


FIG. 4. — Pilotage en type C.

sol ; le pilote doit maintenir son vecteur vitesse (cercle) en contact avec le sol,

b) le vol est trop bas, le sol est au-dessus de la ligne de référence ; le pilote doit faire cabrer son hélicoptère,

c) le vol est correct : sol, référence et cercle sont confondus.

Le radar SAIGA est équipé d'un système de tests intégrés qui vérifie, en permanence, le bon fonctionnement de l'équipement. Cette vérification s'effectue grâce au test simultané de l'ensemble émission-réception et des circuits de calcul.

L'ensemble émission-réception est reconnu en bon état lorsque la mesure du niveau vidéo en fin de chaîne excède un seuil prédéterminé. Dans le cas contraire, le pilote est averti de la défaillance du matériel par l'allumage du voyant « alarme ».

La validité des circuits de calcul est signalée par la présence d'une zone lumineuse à la partie gauche de l'indicateur. Ce test est réalisé grâce à un générateur d'échos fictifs, incorporé à la chaîne de réception, et constitué par un oscillateur déclenché périodiquement.

On notera, de plus, que l'allumage du voyant « alarme » peut également être provoqué si la hauteur de vol donnée par l'altimètre est inférieure à la hauteur de vol affichée.

## 2.5. Stabilité des images

Afin d'éviter un glissement de l'image présentée sur

l'écran de l'indicateur, celle-ci est gelée par rapport à des références fixes situées dans les plans site et gisement.

Dans le plan gisement, l'image est gelée par rapport au marqueur de route (ou de cap). Pour des variations de l'écart de route de  $\pm 60^\circ$ , l'image est recentrée automatiquement sur l'écran et le marqueur de route est décalé de la même quantité. Pour des écarts de route dépassant l'ouverture en gisement du radar, l'image reste gelée et le marqueur de route est visible en butée à droite ou à gauche de l'écran.

Dans le plan site, l'image est gelée par rapport à l'horizontale. Le recentrage de l'image est effectué par quantités fixes de  $10^\circ$  pendant les variations de l'angle de pente. Lorsque l'angle de pente est supérieur à  $\pm 20^\circ$ , une flèche verticale s'éclaire.

## 3. Description du radar Saiga (fig. 5)

Le radar groupe les éléments suivants :

- l'antenne et les mécanismes associés,
- l'émetteur-récepteur,
- les circuits de traitement de l'information.

L'indicateur comporte :

- le tube cathodique et les circuits associés,
- les commandes d'exploitation.

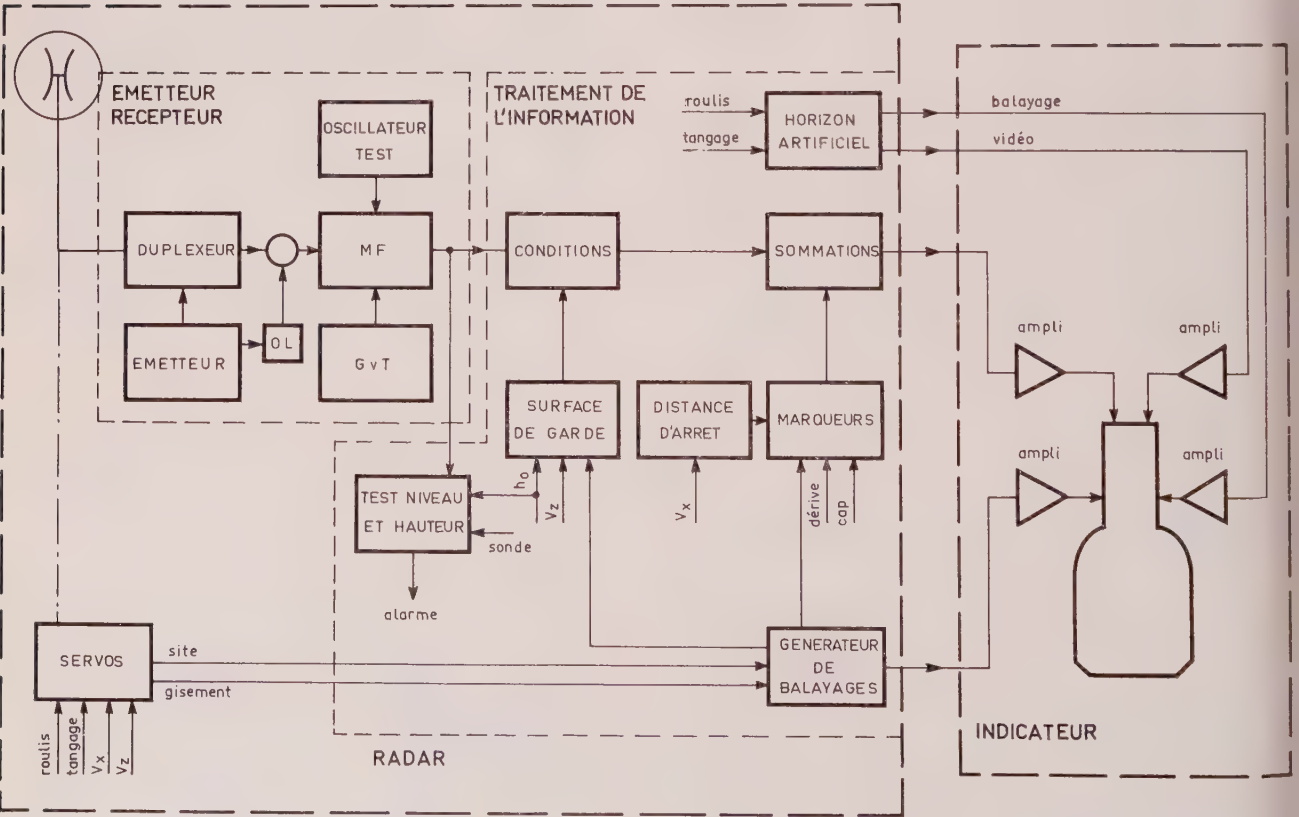


FIG. 5. — Schéma synoptique général.

## 1. Antenne et mécanismes associés

L'ensemble mobile est constitué par une sphère supportant un anneau support d'antenne et deux demi-radomes permettant d'éviter l'effet de ventilation.

L'antenne est constituée par deux paraboles placées à dos animées dans le plan horizontal d'un mouvement de rotation continue, à la vitesse de 660 tr/mn. Au cours de la rotation, un commutateur à ferrite dirige successivement l'énergie hyperfréquence sur chaque parabole, afin de réaliser le balayage en gisement du domaine d'exploration. L'ensemble est stabilisé en roulis et en site, à partir des informations de la centrale de verticale.

Le mouvement en site, effectué en une seconde environ, s'obtient grâce à une oscillation des deux antennes de  $\pm 10^\circ$  autour de l'axe de stabilisation. La liaison hyperfréquence, à travers les axes d'articulation, est assurée par trois joints tournants.

## 2. Emetteur-récepteur

L'énergie hyperfréquence est délivrée par un magnétron dont la puissance-crête est de l'ordre de 7 kW dans la bande Ka. La modulation est réalisée grâce à un ensemble thyatron-ligne à retard à charge oscillante.

L'énergie reçue est amplifiée par un récepteur du type superhétérodyne à contrôle automatique de fréquence, dont la loi de réception permet d'éviter toute saturation. A cet effet, l'amplificateur moyenne fréquence présente une caractéristique linéaire-logarithmique, particulièrement adaptée aux variations importantes du niveau. Le gain est variable dans le temps afin de s'affranchir des perturbations que pourraient porter les échos proches reçus par les lobes secondaires de l'antenne.

Le signal vidéo recueilli en sortie est dirigé vers les circuits de traitement de l'information. Ces derniers ont principalement pour rôle l'élaboration de la surface de garde, en vue de la discrimination des obstacles dangereux.

Le calcul de la surface de garde s'obtient à partir des informations suivantes :

- composantes de la vitesse/sol (données par le radar doppler ou tout autre appareil),
- hauteur de garde (affichée par le pilote),
- position de l'antenne.

En plus de cette fonction, les circuits de traitement de l'information ont également pour but :

- le calcul de la distance d'arrêt à partir de l'information vitesse,
- la génération des différents marqueurs, y compris l'horizon artificiel, à partir des données de la centrale ou de tout autre appareil : horizon recopié, par exemple.

## 3. Indicateur

L'indicateur, réalisé sous forme d'un coffret parallélépipédique de faibles dimensions, englobe le tube cathodique et les circuits qui lui sont propres : amplificateurs, alimentations.

Le tube cathodique est du type à entretien d'image, à deux canons d'inscription ce qui permet de réaliser simplement l'affichage des différentes informations. La première voie est réservée à la présentation de l'horizon artificiel et la seconde à la visualisation des signaux radar et des marqueurs.

Sur la face antérieure, sont disposés les diverses commandes d'exploitation, ainsi que les voyants d'état du radar.

Les principales commandes d'exploitation sont les suivantes :

- mise en œuvre,
- choix de la hauteur de garde,
- présentation de l'image,
- gammes de recherche,
- tests « voyants »,
- choix de la polarisation de l'onde émise,
- commande de virage,
- déblocage de l'antenne.

## 3.4. Maintenance

La maintenance du radar SAIGA s'effectue soit sur l'hélicoptère soit sur le banc de maintenance.

## 4. Résultats des expérimentations en vol

### 4.1. Portée

— sur forêt

Le diagramme (fig. 6) représente en abscisse la distance sur échelle logarithmique et en ordonnée la puissance reçue en dB/W. Le seuil de visualisation est situé à  $-105$  dB/W (+16 dB/KTBF). On peut voir que les arbres sont détectés à une distance de l'ordre de 2 à 3 km (mesures effectuées en été).

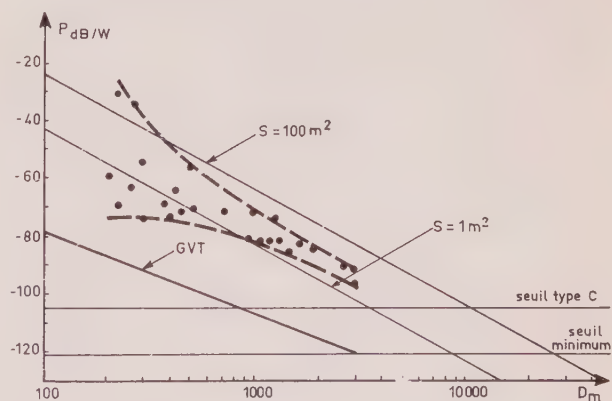


FIG. 6. — Portée sur forêt.

— sur ligne haute-tension

Les diagrammes (fig. 7 et 8) donnent les portées obtenues sur pylônes de lignes HT et câbles HT. Dans les deux cas, on peut voir que ces obstacles sont aisément détectés à partir de 1 500 m.

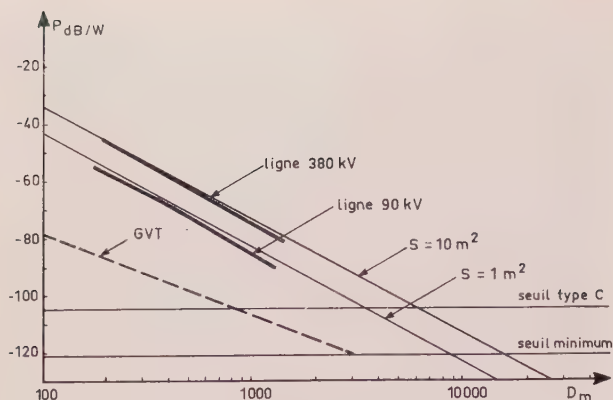


FIG. 7. — Portée sur pylône HT.

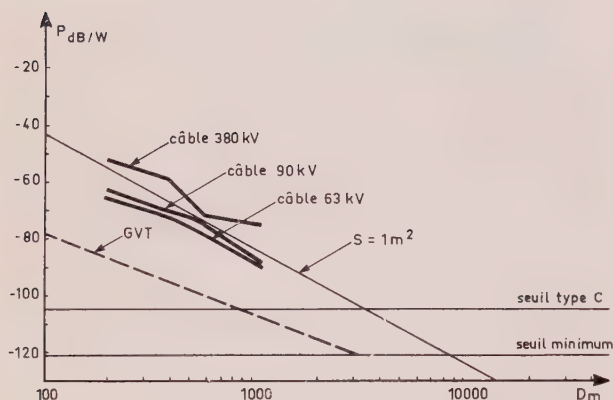


FIG. 8. — Portée sur câbles HT.

## 4.2. Détection des lignes HT

Le radar SAIGA permet de détecter les câbles HT en trois points sur leur longueur :

- un point selon la normale au câble,
- un point de chaque côté, à un angle d'environ 20° qui dépend du type de câble.

Sur la figure 9 dans le cas de position a), la direction de l'hélicoptère est perpendiculaire à la ligne haute tension, nous avons un point de détection exactement dans l'axe et un point de chaque côté avec un angle de 20°. Dans le cas de la position b), il y a toujours une détection selon la normale aux câbles, et également un point de chaque côté de ce point central. C'est particulièrement intéressant car cela permet à l'hélicoptère de sauter par-dessus les lignes haute tension. La figure 9c donne l'explication du phénomène.

Lorsqu'une onde radioélectrique de longueur d'onde  $\lambda$  vient frapper un obstacle, il y a une réflexion en sens inverse selon la normale, ce qui est tout à fait classique et lorsque l'on s'écarte de cette position, il y a une perte due au pouvoir réflecteur de l'obstacle. Mais dans le cas où nous avons affaire à des obstacles à structure périodique, comme un câble torsadé des lignes haute tension, on constate lorsque l'on s'écarte d'un certain angle particulier  $\theta$ , représenté sur la figure, une concordance des phases de réflexion de l'onde

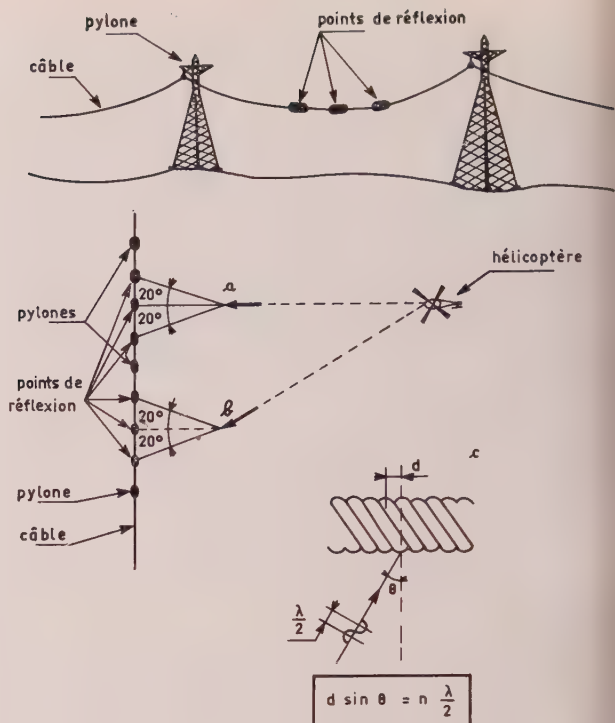


FIG. 9. — Détection des câbles HT.

émise de chaque élément torsadé. Pour cet angle particulier, il y a un maximum d'énergie réfléchie, ce maximum est obtenu quand :

$$d \sin \theta = n \frac{\lambda}{2}$$

avec :

$\lambda$  : longueur d'onde : 8,6 mm,

$n$  : nombre entier positif,

$\theta$  : angle d'incidence du faisceau radioélectrique,

$d$  : pas entre spires.

## 4.3. Installation d'essais

Les figures 10 à 13 montrent les détections obtenues sur colline, pylône isolé et ligne HT.

On peut avoir une idée des possibilités de détection du radar SAIGA sur ces quelques figures :

Figure 10 : l'hélicoptère évolue en cabré le long de la pente d'une colline (vecteur vitesse au-dessus de la ligne de référence). La colonne lumineuse à gauche représente le test intégré.

Figure 11 : l'hélicoptère saute par-dessus le pylône isolé ; pour ce faire, il maintient en permanence le cercle (vecteur vitesse), sur le sommet de l'obstacle.

Figure 12 : détection d'une ligne HT de 90 kV en type C.

Figure 13 : la même ligne HT en présentation type B. Les marqueurs distance sont espacés de 500 m. La ligne est visible entre 600 et 1 500 m.

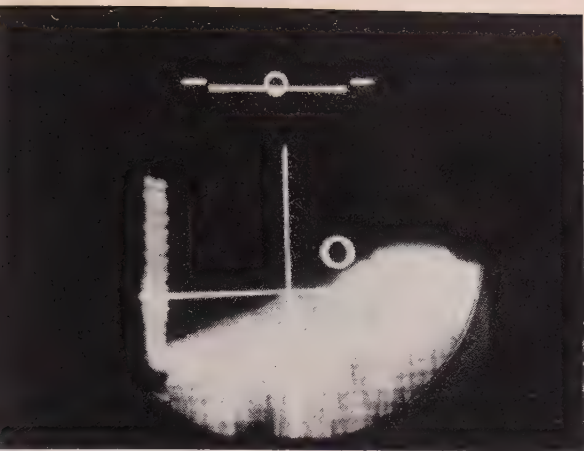


FIG. 10. — Image type C sur colline.

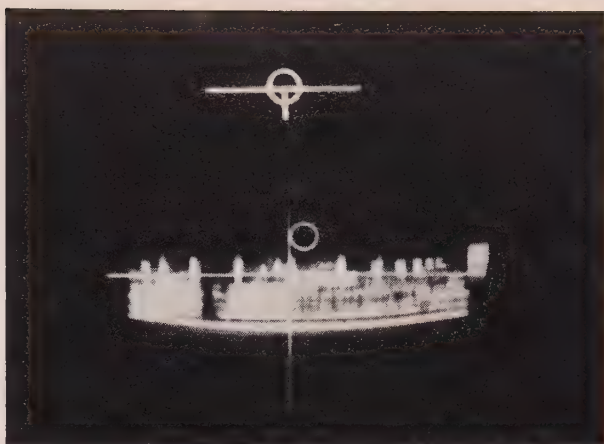


FIG. 12. — Image type C sur ligne HT.

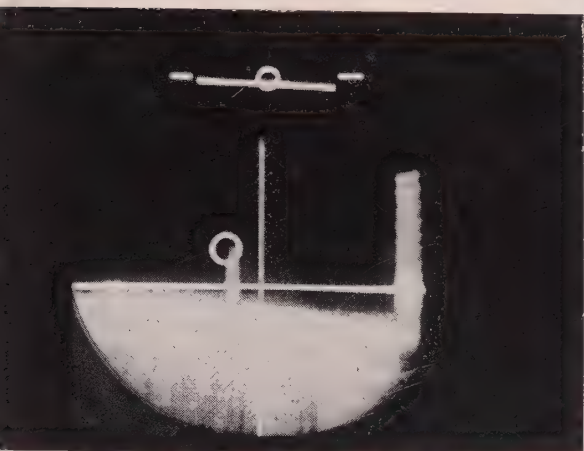


FIG. 11. — Image type C sur pylone isolé.

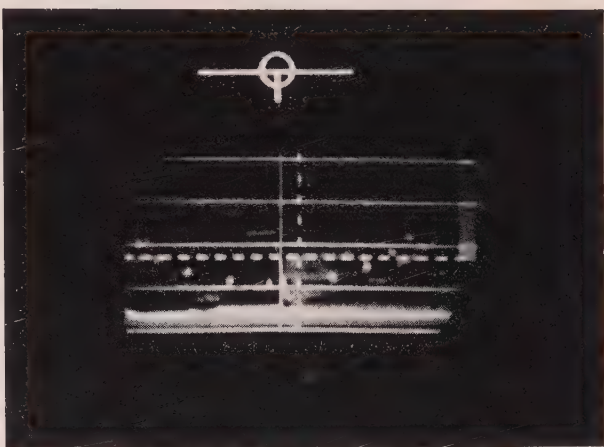


FIG. 13. — Image type B sur ligne HT.

## Conclusion

Le radar SAIGA a démontré qu'il était particulièrement bien adapté aux conditions de vol d'un hélicoptère, appareil qui peut s'enfoncer beaucoup plus profondément dans le relief qu'un avion et qui doit éviter

les obstacles aussi bien dans le plan vertical que dans le plan horizontal. Les résultats obtenus au cours d'essais en vol sur tous les terrains avec des obstacles naturels ou artificiels tels que pylônes et câbles haute tension, vérifient la validité des solutions originales choisies pour ce matériel.

# Les radars météorologiques et leurs applications

G. BOUY

Service Technique des Transmissions de l'Air (STTA)

## Résumé

*Les radars météorologiques sont utilisés à bord des avions de transport civils pour détecter à distance les formations nuageuses importantes qui pourraient nuire à la sécurité des vols. Mais on peut envisager d'étendre leur champ d'application à d'autres fonctions fondamentales à bord d'un avion, en particulier à la fonction aide à l'atterrissage où ils devraient fournir un excellent moyen de percée autonome.*

## 1. Introduction

Le trafic aérien a connu un essor spectaculaire pendant les deux dernières décennies, grâce à l'évolution des techniques mises en œuvre en aéronautique. En particulier le développement des aides à la navigation, au pilotage et à l'atterrissage permet de s'affranchir des conditions météorologiques les plus défavorables. Ces aides sont procurées par un certain nombre de « boîtes noires », au nombre desquelles figure le radar météorologique.

Le radar météorologique participe, pour une part importante, à la sécurité des vols et au confort des passagers en permettant la détection et la localisation à distance des formations nuageuses importantes.

## 2. Définition d'un radar météorologique

Les perturbations importantes qu'il s'agit d'éviter ont de vastes dimensions et présentent, de ce fait, une grande surface d'écho radar pour la bande de fréquence utilisée (bande X).

La puissance nécessaire au radar est donc faible, les valeurs courantes étant de 10 à 60 kW crête.

Il est avantageux d'avoir une grande durée d'impulsion pour augmenter le volume de la cellule de confusion et donc la puissance de l'écho réfléchi par la formation nuageuse. Les durées d'impulsion choisies vont de 1 à 6  $\mu$ s.

La fréquence de récurrence s'en déduit puisqu'il faut respecter le facteur de forme du magnétron. Le radar météorologique travaille à basse fréquence de récurrence (200 à 1 000 Hz), ce qui est d'autant plus nécessaire que l'on recherche une portée plus grande pour éviter les échos de second balayage. On choisit souvent un multiple ou un sous-multiple de la fréquence du réseau d'alimentation de bord (400 Hz), pour des raisons d'économie.

La sensibilité du récepteur, de même que la puissance de l'émetteur, n'est pas critique ; aussi résulte-t-elle d'un compromis entre prix de revient et performance.

L'information est présentée sur un indicateur à balayage PPI. On emploie des scopes rémanents et des scopes à mémoire, qui se distinguent du point de vue de l'utilisateur par la qualité de l'image. Les premiers donnent une image peu lumineuse, qu'il faut regarder dans la pénombre, mais très riche en demi-teintes donc en information. Les seconds donnent une image lumineuse visible dans une cabine de pilotage au grand jour, mais moins nuancée.

Finalement, c'est le critère de prix de revient qui définit les deux grandes classes de radar météorologique :

— de 30 000 à 100 000 F, ils sont caractérisés par une faible puissance-crête et l'absence de stabilisation d'antenne. Les portées utiles typiques sont de 100 MN sur écho de pluie.

— de 100 000 à 300 000 F, ce sont des radars de performances plus poussées, possédant une antenne stabilisée par rapport aux mouvements de plate-forme et généralement pourvus de fonctions supplémentaires. Les portées utiles atteignent ou dépassent 300 MN sur écho de pluie.

C'est à cette dernière classe de radars que nous allons nous intéresser, en examinant de quelles fonctions complémentaires ils sont capables sans complication majeure.

## **Fonction aide à la navigation, ou repérage au sol**

Il s'agit de repérage au sol à grande distance (de 100 à 150 MN), principalement sur des zones très caractéristiques : côtes, lacs, montagnes ou grandes agglomérations.

L'inclinaison du faisceau radar par rapport à l'horizontale n'a pas, dans ces conditions, à dépasser un angle de 10° et, aux portées considérées, la distorsion créée par la différence entre portée oblique et portée horizontale est acceptable. La carte obtenue est donc conforme.

Pour améliorer les performances, il est souhaitable de cosécanter le faisceau en site, faute de quoi le réglage de l'inclinaison de l'antenne par rapport à l'horizontale est assez critique. C'est la seule addition au rapport au mode météorologique.

Naturellement la définition de la carte dépend, ainsi qu'une large mesure, du diamètre de l'antenne qui conditionne la largeur du faisceau en gisement ; elle est médiocre pour une antenne de 30 cm de diamètre (ouverture du faisceau : 7°), elle devient acceptable pour une antenne de 70 cm.

## **Fonction surveillance du relief**

Elle dérive de la précédente et a été parfois utilisée. Elle consiste à afficher une inclinaison d'antenne en fonction de la hauteur de garde choisie au-dessus du relief et d'une distance minimale de sécurité, et à alerter qu'aucun écho n'apparaît dans la zone limitée par cette distance de sécurité sur le scope.

On ne peut prétendre assurer la sécurité d'un vol par cette seule méthode, mais elle peut être considérée comme une fonction complémentaire de la surveillance.

## **Fonction recherche de cibles sur la mer**

La mer présente un pouvoir réflecteur notablement plus faible que le sol, de 100 à 1 000 fois selon son état, pour fixer les idées. Une cible, constituée par un bâtiment de surface, par exemple, est repérable dans certaines conditions. Les portées obtenues varient avec l'altitude de l'aéronef au-dessus de la mer ; pour un radar d'une puissance de 20 kW et une fréquence de 3 GHz, on peut escompter une portée de 15 à 20 MN pour une cible de 100 m<sup>2</sup> par une mer de force 3 dans l'échelle Beaufort.

Les radars météorologiques peuvent donc avoir de nombreuses applications dans le domaine de la recherche de cibles sur la mer. En particulier, leur

légèreté et leur faible encombrement permet d'envisager de les monter sur hélicoptère.

Un hélicoptère ainsi équipé est particulièrement apte à des missions de sauvetage en mer, de repérage d'épaves. Dans le domaine très particulier de la recherche pétrolière en mer, cela semble un moyen efficace de faciliter les liaisons par hélicoptère entre la plate-forme de forage et la terre, surtout par temps brumeux.

## **6. Fonction aide à l'atterrissage**

Au cours de sa conférence, M. DESINDES (\*) a évoqué le problème de l'atterrissage sans visibilité à l'aide d'un dispositif autonome, afin de doubler l'ILS ou même de le remplacer. Pour répondre à ces exigences, une solution radar aéroporté paraît s'imposer : de nombreuses expérimentations ont été faites aux Etats-Unis depuis peu, sans être couronnées d'un total succès. La France travaille également sur ce problème, selon un principe original qui semble très prometteur.

L'idée est d'utiliser un radar météorologique auquel on adjoint des circuits simples permettant de détecter les signaux de réflecteurs appropriés placés au sol et balisant la piste d'atterrissage. Ces signaux sont traités de façon à déterminer les coordonnées des réflecteurs par rapport à l'avion, ce qui permet de situer l'avion autour de l'axe de descente idéal, comme le ferait l'ILS, mais de manière quasiment autonome.

Outre cet avantage, la simplicité du système permet d'espérer une très bonne fiabilité, ce qui est essentiel, pour un prix de revient à peine supérieur à celui d'un radar météorologique.

L'information est présentée sur un indicateur particulier à cette fonction qui peut être intégré dans les aides classiques au pilotage ; on peut envisager de le programmer de façon à ce qu'il présente schématiquement la piste, telle qu'elle se situe par rapport à l'avion.

Cette fonction d'aide à l'atterrissage autonome est appelée, sans doute, à connaître un grand développement dans les prochaines années.

## **7. Fonction balise**

Cette dernière fonction que nous examinerons ici est particulièrement féconde. Son principe repose sur le fait que la voie émission et la voie réception sont décalées en fréquence, ce qui élimine tous les échos fixes de l'environnement.

L'émetteur interroge une balise répondeuse qui émet sur la fréquence du récepteur radar. Cette dernière émission peut être codée, c'est-à-dire comporter deux ou plusieurs impulsions décalées d'une quantité connue dans le temps. Comme le seul signal

(\*) Voir dans ce n° l'article de M. MIONNET qui est un condensé des exposés de M. DESINDES et du sien propre (NDLR).

reçu est la réponse de la balise, codée de surcroît, celle-ci devient parfaitement repérable. La position de la balise est présentée sur un scope de type classique.

Les applications sont nombreuses :

— Localisation d'un site au sol, d'un autre aéronef, etc. Les portées obtenues en espace clair avec un radar de 20 kW de puissance-crête et une balise répondeuse de 400 W atteignent 100 MN.

— Identification possible grâce au codage.

Dans le cas déjà cité de la liaison par hélicoptère avec une plate-forme de recherche pétrolière, la possibilité d'identification de la plate-forme est intéressante.

## 8. Conclusion

Le coût raisonnable d'un radar météorologique, joint à sa bonne fiabilité et à sa facilité d'emploi, incite à rechercher actuellement son adaptation à des besoins nouveaux.

C'est ainsi que, peu à peu, le concept radar météorologique définit une classe de radars aéroportés de type classique à impulsions, de conception volontairement simple mais susceptibles d'un champ d'application très vaste.

Parmi les fonctions citées, certaines devraient connaître la faveur des utilisateurs dans les prochaines années.

---

# VIE DE LA SOCIÉTÉ

## ERRATUM

Une coquille typographique nous a fait écrire à deux reprises dans les deux derniers paragraphes de cette rubrique, dans notre numéro du mois d'avril 1971 (vol. 51, fasc. 4, p. 338), M. BROUSSARD au lieu de M. BROUSSAUD.

Nous nous en excusons vivement, d'une part, auprès du Directeur de Recherche du Laboratoire Central de Thomson-CSF, d'autre part, auprès des lecteurs de *l'Onde Electrique*.

# FORMATIONS

## veautés techniques

### LYNX CALCULATEUR AUTOMATIQUE DE VISIBILITÉ HORIZONTALE

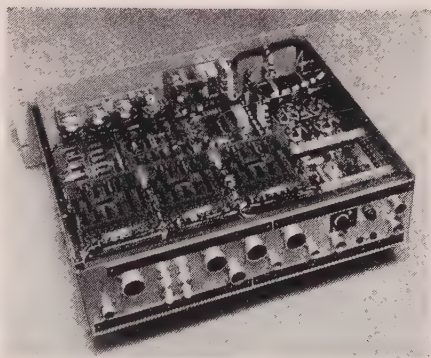
Services Techniques de la Météorologie Nationale Française, en liaison avec la Navigation Aérienne, ont défini une méthode de mesure instrumentale et ont demandé à ELECMA, un Electronique de la SNECMA, d'étudier et de fabriquer, en série, un calculateur automatique de visibilité horizontale, appelé LYNX.

L'élément central du LYNX est constitué par un calculateur numérique câblé qui détermine les portées visuelles de piste à partir de l'intensité lumineuse des balises de pistes (cas d'un aérodrome), de la luminance du sol et du pouvoir transmissif de l'atmo-

La LYNX calcule, affiche et, éventuellement, enregistre trois visibilités :

de 0 à 25 m, de 100 à 800 m et de 50 en 100 m de 800 à 2 100 m.

L'équipement peut s'adapter à n'importe quel type de transmissomètre et même de radiomètre. Le LYNX présente, grâce à sa conception, une extrême souplesse d'utilisation



et de programmation des courbes. Sa conception permet d'adapter, sans modification, l'équipement aux conditions locales et répond immédiatement aux évolutions éventuelles des éléments des formules permettant la détermination de la visibilité. Enfin, l'organe de mémoire est protégé contre toutes variations ou coupures d'alimentation. Une fois chargé de ses courbes de conversion, cette mémoire peut être considérée comme permanente.

Le LYNX a été créé pour répondre aux besoins météorologiques sur les aérodromes, cependant un tel matériel a de multiples utilisations sans aucune modification de conception.

En effet, pour n'en citer que quelques-unes, l'équipement LYNX peut être utilisé à l'entrée des ports ou près des chenaux d'accès, sur les canaux et les fleuves. Il peut également fournir à distance les informations de visibilité sur les plateformes en haute mer pour la recherche océanologique ou pétrolière. Il apporte un complément indispensable à la sécurité en montage pour les stations de sports d'hiver ou les installations en haute altitude.

Enfin sur les grands axes routiers, il peut donner de précieux renseignements aux automobilistes.

Actuellement réalisé et livré en série pour le compte du Centre Technique de la Météorologie Nationale Française, le LYNX fournit des perspectives nouvelles aux procédures de mesure et de transmission des visibilités et répond parfaitement aux recommandations de l'OACI.

Renseignements : OE Service, cercelez le n° 401.

### LE MATÉRIEL TÉLÉPHONIQUE ET L'AIDE A LA NAVIGATION

La société LE MATÉRIEL TÉLÉPHONIQUE a fabriqué des centaines de stations au sol et des milliers d'équipements de bord du système TACAN (Tactical Air Navigation System), dont la partie mesure de distance, appelée DME (Distance Measuring Equipment), a été adoptée en 1960 par l'OACI. Quarante stations au sol DME ont été fabriquées à ce jour par LMT.

La technique radar de ces matériels a conduit tout naturellement les ingénieurs de LMT à l'étude et à la réalisation des équipements IFF dans le domaine du radar secondaire, soit plusieurs centaines de répondeurs déjà livrés sur plus de 2 000 commandes.

L'expérience acquise au cours de ces études et de la fabrication de ces équipements a permis le développement d'un interrogateur DME de bord et d'un répondeur ATC microminiaturisés destinés à l'Aviation Civile. Ces équipements ont été retenus par l'Aérospatiale pour équiper les avions Airbus A 300 B prototypes et les premiers avions Concorde de série.

#### Interrogateur de bord DME LMT 3574 B

Cet équipement de bord entièrement microminiaturisé utilise des principes de recherche et de poursuite numériques pour donner au pilote la distance par interrogation d'une balise DME sol.



#### Principales caractéristiques :

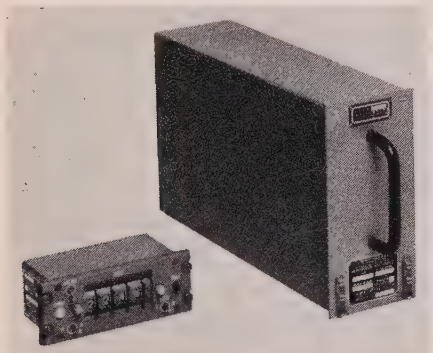
- Equipement conforme électriquement et mécaniquement à la norme ARINC 568.
- Dimensions d'un 1/2 ATR court
- Gamme climatique :  $-54^{\circ}\text{C}$   $+55^{\circ}\text{C}$
- Altitude : 40 000 pieds
- Indicateur numérique donnant le 1/10 de MN.

#### Répondeur ATC LMT 3560 C

Le répondeur de bord LMT 3560 C, entièrement microminiaturisé, constitue un dérivé d'une famille de répondeurs de contrôle de trafic aérien développé et fabriqué par la Société LMT depuis 1960.

#### Caractéristiques principales :

- Modes d'interrogations : A ou B, C et réserve d'espace pour D.
- Codes de réponse : 4096 en mode A ou B et C.
- Alimentation : 115 V - 400 Hz monophasé



- Température de fonctionnement :  $-20^{\circ}\text{C}$   $+55^{\circ}\text{C}$ .
- Fonctionnement en dépression : 45 000 pieds.
- Dimensions : 3/8 ATR court.

Renseignements : OE Service, cerclez le n° 402.

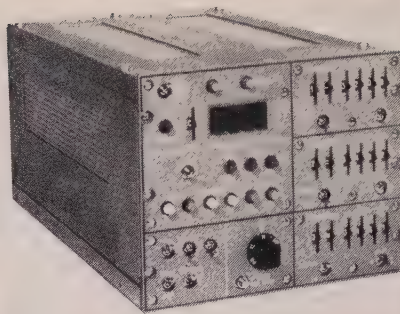
#### ENSEMBLE D'EXPLOITATION ET DE DÉCODAGE IFF-SIF - G3D

SECRE présente au SALON de L'AÉRONAUTIQUE, une nouveauté dans les équipements d'exploitation IFF. Il s'agit de G3D miniaturisé d'exploitation et de décodage IFF-SIF, réalisé en trois versions : une version sol ; une version aéroportée ; une version du bord Marine.

Ce matériel peut être exploité au sol, à bord d'avion ou d'un bateau par un seul opérateur.

Cependant, la juxtaposition de plusieurs équipements G3D permet son exploitation par plusieurs opérateurs utilisant un seul interrogateur-récepteur IFF.

Entièrement transistorisé et miniaturisé, le G3D utilise presque exclusivement des circuits intégrés du type MSI-TTL. Il est conforme aux normes militaires (STANAG 5017) des systèmes IFF-SIF, ainsi qu'aux normes de l'OACI (Annexe 10).



Le G3D permet en décodage actif et passif une exploitation de 4096 codes sur tous les modes civils et militaires (modes 1, 2, 3/A, B, C et D).

L'ensemble G3D assure les fonctions suivantes :

— le décodage actif : apparition sur un indicateur lumineux du code d'un avion ou d'un navire inconnu.

— le décodage passif dont le but est de fournir sur l'indicateur panoramique du radar, l'information d'accord lorsque le code de réponse IFF/SIF est identique à un code préaffiché l'un quelconque de ces modes.

— Le défruitage : élimination des réponses asynchrones en provenance des répondeurs interrogés par d'autres stations.

— le démêlage (dégarbling) : suppression des codes faux dans le cas de deux réponses successives ou emmêlées.

L'équipement G3D assure en outre les visualisations de symboles particuliers tels que la présence SIF, l'identification de position (I), la détresse et la panne radio.

Renseignements : OE Service, cerclez le n° 4

#### MACHINE A CABLER SEMI-AUTOMATIQUE A POSITIONNEMENT ABSOLU TPW 700

Le principe de la Table de Positionnement Automatique SERCEL TPW 700 est basé sur la commande contrôlée des moteurs à courant continu entraînant les chariots sur les axes X et Y.

Chacun des chariots des axes X et Y, muni d'un galet roulant sur la règle de positionnement solidaire de la table, se déplace jusqu'à ce que le galet établisse un court-circuit entre les deux lamelles définissant sur la règle la position d'arrêt. Le chariot est alors bloqué et le guide-outil se présente sans ambiguïté devant le point à câbler, même si le pas entre les points n'est que de 1,27 mm.

Les règles de positionnement comportent chacune deux échelles réalisées en circuits imprimés enfichables et interchangeables.

L'équipement standard de la TPW 700 comporte pour chacune des règles X et Y une échelle au pas de 3,96 mm.

Il est très facile de réaliser toute autre échelle ou n'importe quelle configuration de positionnement à pas irréguliers.

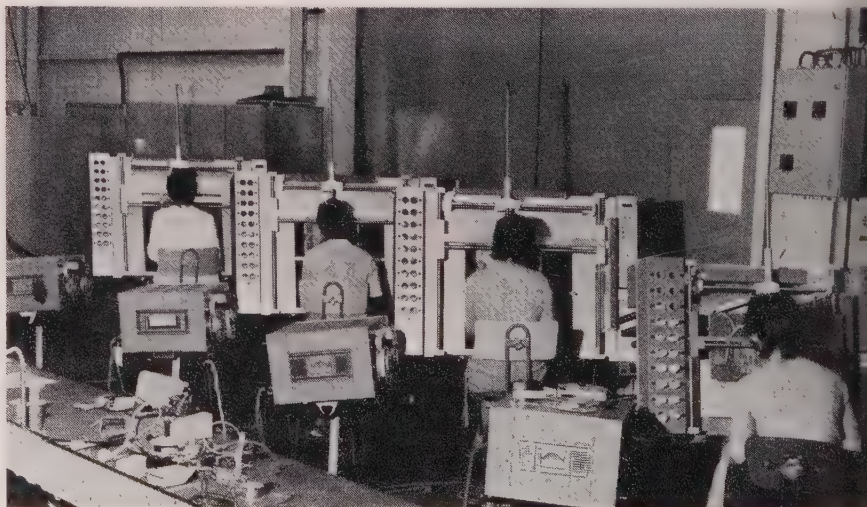
La logique est conçue pour lire les instructions de positionnement et de câblage définies par la bande perforée et pour localiser les points de lamelles définissant sur chaque règle la position d'arrêt des chariots.

La logique assure aussi le décodage des longueurs de fils nécessaires pour effectuer les interconnexions et commande les voyants de signalisation des godets contenant ces fils.

Les bandes perforées ainsi que les listes de câblage et de mise au point correspondantes sont obtenues pour un temps minimal d'exploitation de l'ordinateur, à l'aide des programmes développés par le Service Informatique SERCEL. Dans le même esprit de simplicité et d'économie, une méthode simple de rédaction des documents d'entrée a été élaborée.

La capacité de cette machine est de 40 000 points au pas de 2,54 mm répartis sur une surface de câblage de dimensions :  $505,46 \times 505,46$  mm. La table permet la fixation de panneaux de dimensions hors tout de  $800 \times 680$  mm ou de paniers au standard 19 pouces sur 12 unités de hauteur et de profondeur illimitée en position de travail verticale.

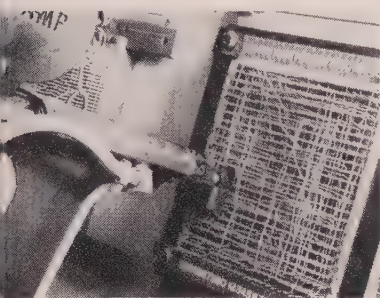
Renseignements : OE Service, cerclez le n°



## TECHNIQUE DE CABLAGE T A POINT PAR CLIPS ET OUTILS TERMI-POINT AMP

La mise au point de cette technique nou-  
AMP met à la disposition des Industriels  
procédé de câblage point à point qui résout  
problèmes posés par le câblage à haute den-

système met en œuvre un clip TERMI-  
Celui-ci en bronze phosphoreux ap-  
avec force un conducteur sur une des  
d'une broche rectangulaire sur laquelle  
monte à l'aide d'un outil automatique ou  
cl.



principales caractéristiques :

- Convient au fil rigide ou souple.
- Broches de différentes longueurs pouvant aller jusqu'à 3 clips.
- Broches couvrant les jauges AWG 22 à 30.
- Densité de contacts élevée (2,54 au carré).
- Auto-nettoyage des surfaces en contact.
- Support de l'isolant du conducteur par clips dont se trouve muni le clip.
- Démontage et remontage faciles du clip sans qu'il soit sa position sur la broche.
- Broche avec chanfrein d'entrée éliminant le risque de détérioration du fil.

Renseignements : OE Service, cercelez le n° 405.

## ES EN ÉLASTOMÈRES SILICONES

ONE-POULENC, au Salon des Composants  
électroniques 1971, présentent des câbles de pré-  
en élastomère silicone dont le prix d'achat  
est 30 à 50 % inférieur à celui des câbles  
de résines fluorées.

Les câbles silicones de précision offrent plu-  
sieurs avantages : lors du montage, on ne risque  
pas de les détériorer avec le fer à souder, car  
le silicone résiste parfaitement à la chaleur et ne se ramollit pas. Extra-souples et  
manutention très aisée, ils sont d'une utilisation  
facile.

Comme tous les produits silicones, ils sont  
stables dans le temps entre -80° et +250°  
et possèdent des propriétés diélectriques  
excellentes. La résistance au feu des câbles sili-  
cones fait qu'ils sont pratiquement les seuls à  
respecter la norme UTEC 32.310.

En cas d'incendie, ils brûlent, mais le produit  
de décomposition, une gaine de silice, est  
inerte. Le circuit n'est donc pas coupé. De  
plus, lors de la transformation de l'élastomère  
en silice isolante, il ne se dégage aucun  
produit toxique ou corrosif.

sc. 5, mai 1971

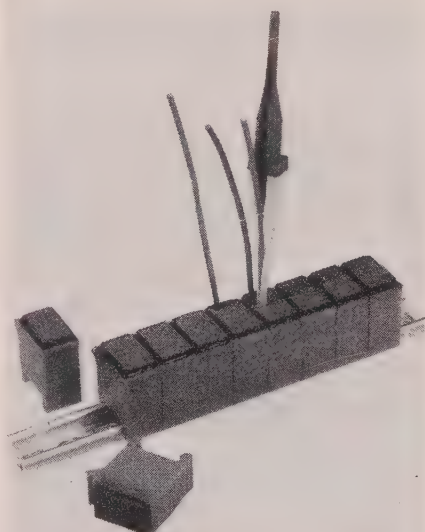
Les câbles silicones devraient trouver de  
larges débouchés pour le câblage d'armoires de  
commandes pour radars, ainsi que pour le  
câblage d'appareils de mesures électroniques,  
machines à calculer, ordinateurs, et chaque fois  
qu'on exige une grande fiabilité dans des con-  
ditions thermiques difficiles.

Renseignements : OE Service, cercelez le n° 406.

## BARRETTE DE RACCORDEMENT SOURIAU

La nouvelle barrette de raccordement éco-  
nomique à modules 8557 SOURIAU, permet des  
performances hautement professionnelles.

Ces barrettes réalisent la jonction et la distri-  
bution de circuits électriques dans des modules  
étanches équipés de shunts différents. Les mo-  
dules sont empilés en nombre variable côte  
à côte sur un rail support. Est actuellement  
développé un module à 4 et 6 contacts de gauge  
20 (joint d'étanchéité à 4 ou 6 alvéoles).



Une particularité des connecteurs P101 est  
leurs contacts plaqué-or ou soudés à points  
d'or qui réduisent leur coût tout en maintenant  
leur fiabilité.

Les connecteurs de GTE Sylvania sont  
disponibles en plus de 300 configurations  
standards et peuvent être fabriqués selon les  
spécifications du client.

Renseignements : OE Service, cercelez le n° 441.

## UNE GAMME DE SILICONES DOW CORNING AU SALON DES COMPOSANTS

DOW CORNING a présenté les produits sui-  
vants :

Mastics silicones à un composant, avec nou-  
veau système de vulcanisation aboutissant à un  
produit non corrosif.

Résines souples d'enrobage silicones (résines  
Sylgard<sup>®</sup>) pour applications spéciales comme  
l'imprégnation et l'enrobage de circuits haute  
tension pour téléviseurs, et pour applications  
électroniques dans l'automobile comme les  
régulateurs de tension.

Compounds de moulage silicones pour cir-  
cuits intégrés linéaires et pour dispositifs de  
puissance semiconducteurs.

Matériaux composites graphite-carbone de  
silicium (Pyrobond<sup>®</sup>). Ce nouveau procédé de  
traitement de surface augmente considérable-  
ment la résistance à l'usure et aux agents chi-  
miques des pièces en graphite.

Renseignements : OE Service, cercelez le n° 408.

## LE SIMULATEUR D'APPELS TÉLÉPHONIQUES LMT

C'est dans son Laboratoire de Lannion,  
devant des représentants du CNET et de  
SOCOTEL que LMT a présenté le premier simu-  
lateur d'appels téléphoniques SIMAT, destiné  
au contrôle de la qualité de service de centraux  
téléphoniques. Trois appareils, ont été com-  
mandés par les PTT.

Le SIMAT permet de simuler des appels télé-  
phoniques de diverses natures et d'en contrôler

## CONNECTEURS GTE SYLVANIA

La série P101 de connecteurs pour circuits  
imprimés de GTE Sylvania figure dans la  
gamme de connecteurs latéraux et de boîtiers  
et cadres conducteurs pour circuits intégrés,  
exposée pour la première fois au Salon des  
Composants.

le bon acheminement. Il peut simuler un trafic important pouvant atteindre 17 000 appels par heure.

Sa commande par ordinateur lui donne une grande souplesse d'emploi et lui permet de répondre, sur simple changement de programmes, à différentes fonctions telles que l'essai final des centraux à l'issue de leur installation, le contrôle de centraux avant leur mise en service, la mesure périodique de la qualité de service de centraux en fonctionnement.

La mobilité de cet appareil est l'un de ses atouts essentiels. Il peut, en effet, être transporté d'un central à un autre, en éléments séparés.

En ramenant le délai de contrôle d'un central téléphonique d'un mois à une semaine, le SIMAT permet d'obtenir un gain de temps, donc la réalisation d'une économie appréciable.

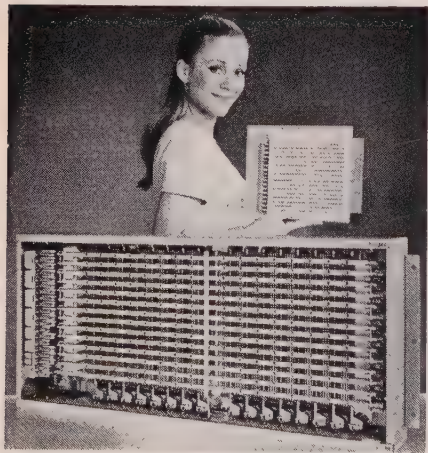
De nombreuses Administrations étrangères s'intéressent à ce nouvel appareil réalisé pour la première fois au monde par LMT, à la demande de l'Administration française des PTT.

Renseignements : OE Service, cerclez le n° 409.

### LE SYSTÈME ÉLECTRONIQUE DE COMMUTATION TÉLÉPHONIQUE METACONTA 11 A

CGCT, qui a créé et mis au point le système de téléphonie automatique PENTACONTA, offre aujourd'hui le successeur électronique de ce système, le METACONTA 11 A, système à programme enregistré dont l'organe de commande et de contrôle est un ordinateur électronique conçu pour la commutation téléphonique.

Ce calculateur reçoit les ordres des abonnés sous forme de numérotation, au cadran ou au clavier, et établit les communications en dirigeant les appels vers leurs destinations au travers de matrices de contact, appelées minisélecteurs. Ces minisélecteurs ont été spécialement étudiés pour ce système en recherchant la qualité de transmission, la rapidité de fonctionnement et la miniaturisation étant donné que certains centraux téléphoniques peuvent en contenir plusieurs milliers.



Les avantages de ce système peuvent se résumer ainsi : surface diminuée dans un rapport de 3 ; exploitation et surveillance réduites, pouvant même se faire à distance d'un point commun à plusieurs centraux ; grande fiabilité et maintenance simplifiée ; numérotation abrégée (l'abonné peut appeler ses correspondants les plus fréquents au moyen de 2 ou 3 chiffres,

même si les correspondants sont situés dans d'autres pays) ; le transfert automatique sur un autre poste ; le rappel automatique d'un poste occupé, etc..

Renseignements : OE Service, cerclez le n° 410.

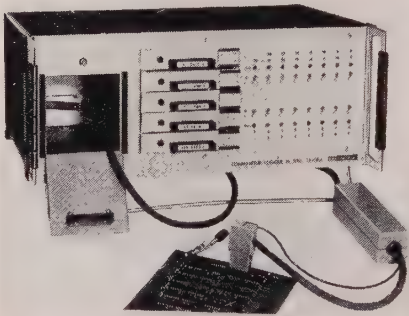
### LES NOUVEAUX MODÈLES DE ITT METRIX PRÉSENTÉS AU SALON DES COMPOSANTS

Au Salon des Composants Electroniques de PARIS, ITT METRIX a présenté une grande partie de la gamme de ses appareils de mesure. Mention particulière doit être faite sur les nouveaux modèles suivants :

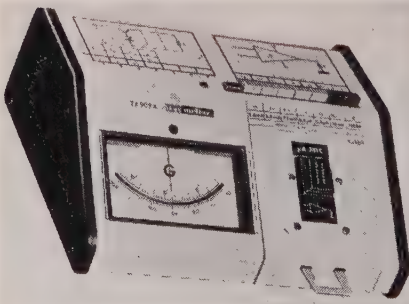
Oscilloscope portatif OX 318 A, oscilloscope monocourbe 0-15 MHz automatique, compact et économique ; existe en version secteur ou pile.

Fréquence-mètre à compteur 160 MH<sup>6</sup> DXZ 446 A, cumulant les fonctions de périodimètre, chronomètre, compteur, quotient-mètre et diviseur de fréquence.

Contrôleur de fonction logique in situ TX 908 A, pour la maintenance d'ensembles électroniques en fonctionnement (voir figure A).



Analyseur de fonction analogique TX 909 A, pour la vérification des circuits intégrés linéaires tels que amplificateurs, comparateurs, régulateurs de tension et des transistors à effet de champ ou bipolaires (voir figure B). Il existe plusieurs tiroirs amovibles.



Générateur numérique HF-GX 331 A. Fréquences : 100 kHz - 102,4 MHz. Affichage par 6 chiffres. Fréquence-mètre incorporé.

Système programmable pour mesures automatiques des ensembles logiques TX 945 A. Pour circuits intégrés MSI, LSI, MOS multiphasés et cartes logiques.

Renseignements : OE Service, cerclez le n° 411.

### TERADYNE AU SALON DES COMPOSANTS

TERADYNE-EUROPE a présenté différents équipements au dernier Salon des Composants.

— Le J 133 C, testeur automatique de circuits intégrés numériques rapide, souple, fiable et apte à contrôler tous les circuits numériques actuellement produits parmi les plus complexes : mémoires 14 et 16 bits, additionneurs, comparateurs, multiplexeurs, etc.

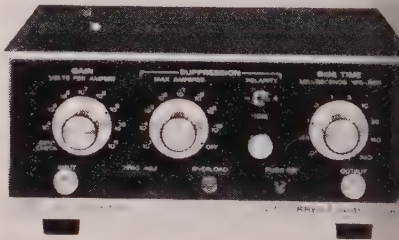
— Le testeur de transistors et diodes T 2 est connecté au dérouleur DAYMARC permettant ainsi de contrôler plus de 20 000 diodes à l'heure.

— Les ponts de capacité 1 kHz et 1 MHz entièrement automatiques, particulièrement stables sur la mesure du facteur de dissipation (mesure du déphasage).

Renseignements : OE Service, cerclez le n° 412.

### AMPLIFICATEUR DE COURANT KEITHLEY

La Société KEITHLEY INSTRUMENTS, INC. représentée en France par ANTARES SA présente un nouvel amplificateur de courant, modèle 427, dont la résolution est de  $10^{-14}$  A, et des temps de réponse de l'ordre de 15  $\mu$ s.



Ces principales caractéristiques rendent ce modèle idéal pour tester les IC, les circuits MOS ou tout autre système nécessitant des courants très faibles.

Sa sensibilité est de  $10^{-14}$  A à  $10^{-3}$  A. Le gain est variable en bonds par décades, de 10 V/A à  $10^4$  V/A. La tension de sortie est de 10 V.

Ce modèle permet, par exemple, une résolution de 20 pA sur un signal de  $10^{-8}$  A avec des temps de montée de 100  $\mu$ s.

Renseignements : OE Service, cerclez le n° 413.

### NOUVEAUX COMMUTATEURS ÉLECTRONIQUES

Les établissements J. RICHARD présentent des versions de commutateurs électroniques : l'une sous la forme d'un tiroir rack et l'autre en module miniature embrochable.

Ces commutateurs ont une structure de base identique qui est réalisée à l'aide de circuits intégrés TTL et MOS.

Cette technologie ajoute aux performances électriques définies ci-après fiabilité et miniaturisation.

— Vitesse de commutation : de 0,01 à 800 000 voies/s.

sions commutées : de  $\pm 5 \mu V$  à  $\pm 8 V$   
 istance de coupure : supérieure à 500 M $\Omega$   
 istance d'entrée : 100 k $\Omega$   
 édance de sortie : inférieure à 1  $\Omega$   
 ps de commutation : inférieure à 1  $\mu s$ .

incipe de l'appareil est le suivant :  
 circuit d'horloge délivre des impulsions  
 iques de fréquence réglable attaquant un  
 ur binaire.

at du compteur est décodé pour ouvrir  
 ivement des portes analogiques consti-  
 ar des transistors MOS à enrichissement  
 ant une très faible résistance de con-

mmutateurs possèdent un circuit  
 atation abaisseur d'impédance, dont le  
 ge de zéro est réglable pour les bas ni-  
 Le repère de la voie commutée est dis-  
 e par codage binaire 1.2.4.8.

peut accéder à n'importe quelle voie direc-  
 t en manuel par affichage du repère de la  
 ur un contacteur, ou bien en accès aléa-  
 ar codage extérieur 1.2.4.8.

logique de commande permet de nom-  
 s combinaisons de fonctionnement, en  
 alier l'association de plusieurs appareils  
 ugmenter le nombre des voies et la créa-  
 'un signal de synchronisation pour un  
 tisseur analogique numérique.

version modulaire (536-12) le nombre de  
 de mesure peut varier entre 8 et 16 par  
 En version rack (436-12) hauteur 3 U,  
 t 5/25, on peut aller jusqu'à 64 voies.

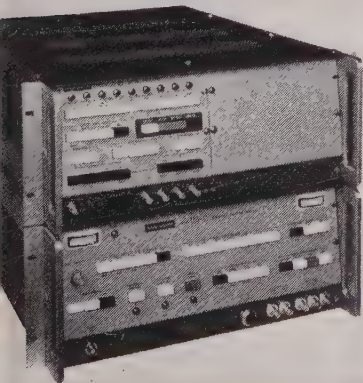
appareils peuvent être associés entre eux  
 constituer une centrale de mesure adaptée  
 multiples problèmes.

seignements : OE Service, cercele le n° 414.

## ANALYSEUR DE SPECTRE PORTATIF PSD 10

version portable du système d'analyse  
 nsité spectrale de puissance, de la série  
 urous », le Mini UBIQ PSD 10 a été  
 ent commercialisé. Cet équipement est  
 ué de deux appareils légers, facilement  
 ortable sur les piste d'essais, installation  
 sses machines, parcours d'essais d'avions,  
 de production, etc.

ournit, en quelques secondes, une repré-  
 on complète des spectres moyen ou élé-  
 ire qui sont utilisés pour déterminer l'état  
 machine sous essai, pour révéler les ano-



malies qui s'y développent, ou localiser la  
 source de bruits indésirables.

De petites dimensions, ce système est utili-  
 sable à bord de voiture, de bateau ou à l'exté-  
 rieur, loin d'un laboratoire.

Le système constitué d'un analyseur de spec-  
 tre en temps réel mini-Ubiq UA-10 et d'un  
 moyenneur digital 1010, fournit un spectre de  
 200 points dans des gammes allant de 10 Hz  
 à 20 Hz.

Des sorties sont prévues pour la surveillance  
 sur oscilloscope, l'enregistrement continu, ou  
 l'enregistrement x, y.

L'appareil comporte également des moyens  
 rapides d'étalonnage en valeur absolue.

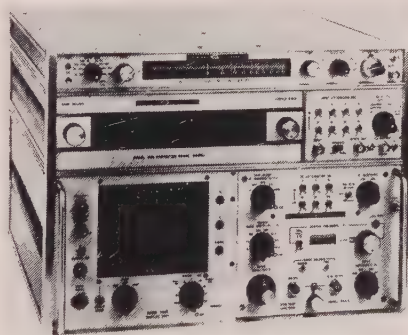
Compatible avec les calculateurs, il peut être  
 connecté à un petit ordinateur donnant une  
 interprétation automatique des résultats et per-  
 mettant des décisions « Bon-Mauvais » pour  
 chaque produit.

Les dimensions hors tout de l'appareil sont  
 14"H x 19"L x 23"P ; il pèse environ 13 kg.

Renseignements : OE Service, cercele le n° 415.

## ANALYSEUR DE SPECTRES ET GÉNÉRATEURS POUR MESURES EN BLU

La Société SYSTRON-DONNER, représentée  
 en France par ANTARÈS SA, présente son  
 nouvel analyseur de spectres, modèle 726,  
 entièrement transistorisé couvrant la gamme  
 10 Hz/64 MHz simplifiant au maximum les  
 mesures en modulation d'amplitude, en modu-  
 lation de fréquence, en sinusoïdal et plus  
 particulièrement en bande latérale unique.



Cette firme présente également un généra-  
 teur BF double, modèle 7217 couvrant la  
 bande 10 Hz/100 kHz, en sinusoïdal avec taux  
 de distorsion très faible. Ces deux générateurs,  
 réalisés en un seul coffret, peuvent fonctionner  
 individuellement ou simultanément pour faire  
 des mesures de modulation en bande latérale  
 unique principalement.

Renseignements : OE Service, cercele le n° 442.

## MODULE POUR LA MESURE DE VALEURS EFFICACES

Le nouveau module INTRONICS R 101 a cir-  
 cuit entièrement transistorisé permet la mesure  
 de la valeur efficace d'une grandeur sinusoïdale,  
 de façon précise et bon marché. La tension de  
 sortie de module est une tension continue égale

à la valeur efficace de la grandeur d'entrée. Un  
 filtre interne ayant une constante de temps de  
 2 ms permet la mesure des ondes rapides ; en  
 ajoutant un condensateur extérieur, on peut  
 également mesurer de sondes plus lentes. A l'aide  
 de deux potentiomètres extérieurs, la précision  
 peut être faite à 0,1 %. Enfin, pour une onde  
 ayant une composante continue, la valeur  
 efficace est mesurée directement. Le module  
 est alimenté avec une tension de  $\pm 10 V$ .

Renseignements : OE Service, cercele le n° 417.

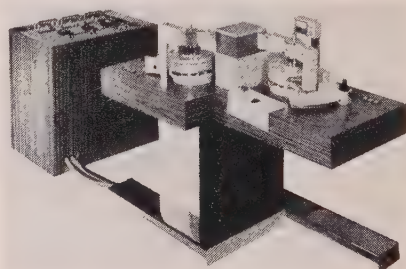
## GONIOMÈTRES ET PIÉZOGONIOMÈTRES SECASI

Cette gamme d'appareils utilisés dans la fa-  
 brication des quartz piézo-électriques et des  
 semiconducteurs, permet de déterminer l'angle  
 formé par la face taillée d'un cristal dont on  
 désire vérifier la coupe et un plan réticulaire  
 convenablement choisi.

Les goniomètres, d'une précision de la mi-  
 nute d'arc, sont adaptés au contrôle des mono-  
 cristaux de germanium et de silicium.

Les piézogoniomètres sont plus particuliè-  
 rement utilisés dans la fabrication des quartz.

Le piézogoniomètre à double réflexion com-  
 porte un poste opto-mécanique de très haute  
 précision, permettant d'effectuer des mesures  
 à 2" d'arc.



L'équipement existe en version mono ou  
 biposte. L'ensemble comprend deux meubles  
 protégés par revêtement de plastique stratifié.  
 L'un supporte les goniomètres de mesure, le  
 tube à rayons X et constitue le plan de travail ;  
 l'autre contient l'alimentation THT, les sécurités,  
 les ensembles électroniques d'alimentation et de  
 mesure des compteurs de Geiger Muller. Ces  
 éléments sont montés en racks encastrés à la  
 partie supérieure du meuble.

Les goniomètres sont équipés de lecteurs  
 optiques donnant directement les valeurs des  
 angles recherchés en valeurs numériques, de  
 5 en 5 secondes d'arc.

Une nouvelle version entièrement automa-  
 tique avec lecteur électronique, affichage nu-  
 mérique des mesures, passeur automatique des  
 lamelles à traiter et détection automatique des  
 valeurs de mesure en connexion avec un ordi-  
 nateur intégré à l'équipement, permet des ca-  
 dences extrêmement élevées dans des conditions  
 de précision et de fidélité remarquables.

La fiabilité de ces machines est très élevée,  
 autorisant leur fonctionnement en usine, en  
 service continu.

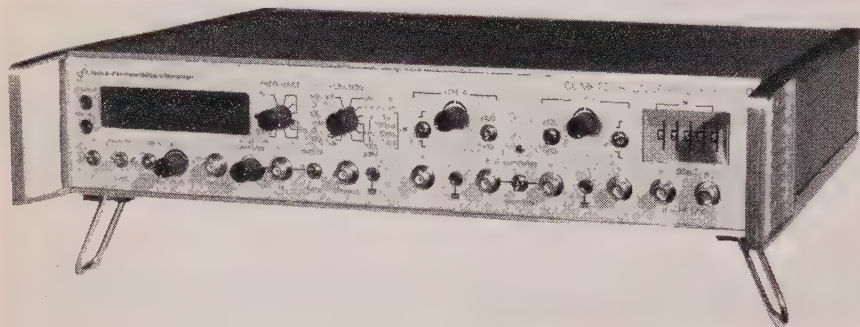
Renseignements : OE Service, cercele le n° 418

# COMPTEUR NUMÉRIQUE SCHLUMBERGER FH 2505 ET DIVISEUR 160 MHz AUTONOME FH 2504

Le FH 2505 est un compteur numérique qui, dans sa fonction fréquencesmètre, permet la mesure directe de signaux jusqu'à 20 MHz et qui, grâce à un diviseur incorporé, porte la gamme de fréquence mesurables à 160 MHz.

Il est piloté par une base de temps à quartz dont la stabilité est de  $5 \times 10^{-6}$ /mois.

En fonction périodemètre et chronomètre,



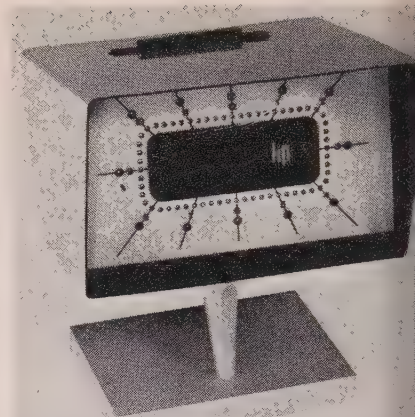
la mesure du temps se fait avec une résolution de 1  $\mu$ s.

De plus, le FH 2505 dispose d'un diviseur de base de temps prédéterminé et de normalisateurs d'entrée à seuils de déclenchement réglables sur les voies chronométriques.

Le diviseur (rapport 1/10) 160 MHz autonome type FH 2504, au format 1/2 rack, s'associe à tous les fréquencesmètres de la gamme SCHLUMBERGER.

Il est destiné à augmenter les possibilités de mesure de fréquence chez les utilisateurs de compteurs numériques SCHLUMBERGER.

Renseignements : OE Service, cercelez le n° 416.



de polarisation circulaire recouvre l'ensemble du cadran pour permettre une lecture comme quel que soit l'éclairage ambiant.

Le schéma de principe de l'appareil comporte : un oscillateur, un démultiplicateur de fréquence, les compteurs secondes, minutes, heures, les circuits de décodage correspondants et un circuit de visualisation.

La technologie utilisée pour cet appareil a été choisie en fonction de deux critères :

1. Une faible consommation alliée à une haute fiabilité. Dans ce but, des circuits du type COS MOS et RCA ont été utilisés,

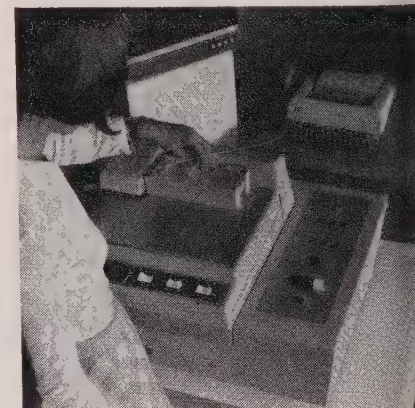
2. Facilité de maintenance et de réparation. Pour cela, les composants sont répartis sur quatre cartes imprimées formant chacun un bloc logique séparé.

Renseignements : OE Service, cercelez le n° 417.

## SYSTÈME « CORA » DE DÉPOUILLEMENT AUTOMATIQUE DE TESTS

Dans les domaines de l'enseignement, la formation professionnelle, du perfectionnement et de la sélection au niveau de la vocation des connaissances, MOTOROLA a développé un système complet CORA qui offre une solution intermédiaire entre la correction manuelle et le dialogue ordinateur.

CORA se compose d'un lecteur optique des marques MDR fourni par MOTOROLA Phœnix d'un élément à mémoire de 128 mots de 5



## MESURE DE TEMPÉRATURES SANS CONTACT

BARNES ENGINEERING COMPANY (USA), représenté par SEDEME, a développé une large gamme d'appareils industriels et de laboratoire pour la mesure, le contrôle, la régulation de température à distance, de  $-50$  à  $+3\,000$  °C, dans le vide ou l'atmosphère : un thermomètre industriel modèle ITC 12 et un thermomètre de laboratoire à échelles multiples IT 4. Ces instruments sont plus spécialement destinés à des applications dans l'industrie chimique, les plastiques, les peintures, le papier, le caoutchouc, etc.

Renseignements : OE Service, cercelez le n° 419.

## TÉLÉVENT « M »

TELEVENT « M », nouvel équipement météorologique miniature réalisé par la Société

CHAUVIN ARNOUX, est un matériel léger, robuste, sûr et autonome qui permet la mesure de la vitesse instantanée du vent jusqu'à 110 km/h, ainsi que sa direction suivant 18 secteurs de 20°.

L'ensemble comprend :

- 1 transmetteur anémomètre avec son récepteur galvanométrique PN 96, gradué 0 - 110 km/h et 0 - 60 nœuds, une échelle Beaufort pouvant être prévue sur demande.

- 1 transmetteur girouette et son récepteur PN 96, gradué en 18 secteurs de 20°.

Entièrement autonomes, équipés d'indicateurs encliquetables par la face avant, ce qui leur confère une très grande souplesse d'emploi, les éléments anémomètre-girouette constituant le TELEVENT « M », peuvent être utilisés séparément ou simultanément et trouvent leur utilisation dans les domaines les plus divers.

Renseignements : OE Service, cercelez le n° 420.

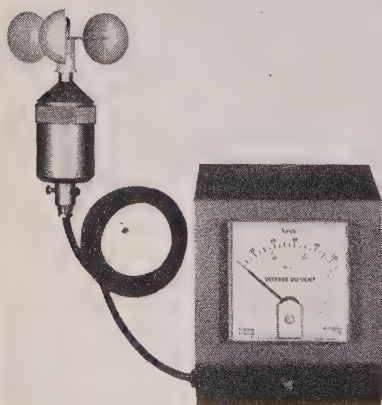
## CHRONOMÈTRE A QUARTZ A AFFICHAGE LUMINEUX

LIP SA a réalisé l'affichage des heures, minutes et secondes sous forme analogique, en simulant l'extrémité des aiguilles traditionnelles par trois points lumineux mobiles sur le cadran.

Contrairement aux chronomètres mécaniques ou électromécaniques, cet appareil ne comporte aucune pièce mobile.

Le dispositif de visualisation utilise deux pistes : l'une de 60 points représentant les minutes et les secondes, l'autre de 12 points représentant les heures.

Un système de multiplexage alimente les diodes de manière séquentielle, pour que le courant moyen débité corresponde à la consommation d'une seule diode. Un filtre rouge



éléments d'édition (affichage par tubes). Cette deuxième partie a été étudiée et approuvée dans les laboratoires de MOTOROLA France. En option, CORA peut être connectée à un téléimprimeur pour l'édition des tests et la perforation d'un ruban.

La correction des tests s'effectue très simple-

ment. Le lecteur optique MDR analyse les zones des tests cochées sur les cartes standard (jusqu'à 100 questions) ou sur des documents (jusqu'à 100 questions), la correction étant effectuée automatiquement par l'élément à mémoire, lequel compare les réponses données aux réponses préétablies. L'identification de la personne testée est prévue et le secret de la correction peut être assuré si nécessaire, l'édition en différents formats peut être effectuée.

La capacité de traitement est de l'ordre de 100 tests sur carte par journée de 8 h.

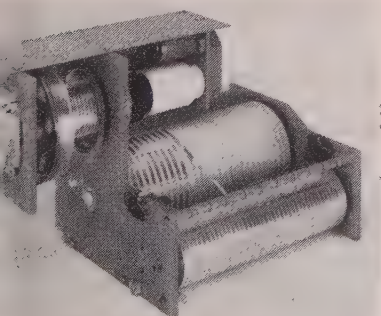
La correction est objective, ce qui permet d'obtenir un classement plus valable et des statistiques sont obtenues à partir d'un ruban perforé grâce au système CORALIE.

Renseignements: OE Service, cercele le n° 422.

## BLOCS D'ACCORDS AUTOMATIQUES ATI

ATI présente une gamme de sous-ensembles d'équipement de blocs d'accords automatiques d'émetteurs.

Les selfs déroulables se distinguent par une option mécanique nouvelle permettant une importante diminution de volume et de poids. Elles permettent des explorations rapides réalisées dans les blocs d'accords modernes en conservant une excellente fiabilité. Une gamme de modèles permet de couvrir les impératifs des cahiers des charges (fonctionnement de - 60° à +120 °C) à des prix très étudiés.



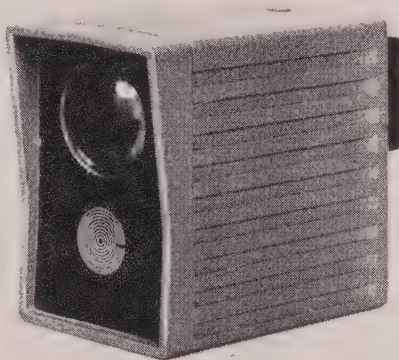
Ces groupes de selfs sont présentés : une version compacte à moteur incorporé dans le boîtier, une série conventionnelle moins encombrante. Toutes comportent un dispositif de réglage par moteur réducteur, un potentiomètre d'affichage, des butées de fin de course, un frein de positionnement.

ATI réalise également pour ces blocs d'accords automatiques des groupes d'entraînement pour condensateurs sous vide et pour couplage self-capacités variables.

Renseignements: OE Service, cercele le n° 443.

## LES TÊTES DE LECTURE COMETA

La photoélectricité, associée à l'électronique permet la réalisation d'un « œil magique » qui détecte instantanément une baisse de lumière, la présence d'une personne, le passage d'une pièce et donne ses ordres : les lampes s'allument, la porte s'ouvre, la machine se met en route. Depuis 16 ans COMETA s'est spécialisé dans l'étude et la fabrication industrielle des capteurs par cellules photoélectriques et des amplificateurs.



Les appareils qu'il propose sont soit à lampe et photoélément (type TR18), soit à diode électroluminescente à l'arséniure de gallium (type TR19). Une nouvelle tête de lecture, la TR10, permet la détection de repères et marques colorées à une distance de 25 mm, les objets défilant sur bande devant la tête de lecture.

La tête TR19 est, sans conteste, la nouveauté la plus intéressante et elle vient d'obtenir une médaille d'or au Salon international des Inventeurs à Bruxelles. Ses principaux avantages viennent de sa source émissive froide émettant des impulsions avec une fréquence de récurrence de 2,5 kHz dans le proche infrarouge donc en lumière invisible, insensible à la lumière ambiante quelle que soit son intensité ; enfin sa tenue aux chocs et vibrations est excellente, de même que sa fiabilité et sa durée de vie.

Notons enfin que la portée des têtes TR18 et TR19 est de 6 m.

Renseignements: OE Service, cercele le n° 423.

## SOVIREL ET LA TÉLÉVISION EN COULEUR

Le développement, puis la généralisation des écrans géants de 67 cm, le développement et, bientôt, la production de zones de déflexion de 110°, ont posé des problèmes verriers dont la résolution conditionnait le succès de ces modèles pour la télévision en couleur.

Un écran de 67 cm représente plus de 11 kg de verre qu'il faut mouler avec des tolérances jamais encore atteintes pour des pièces de cette importance, sans aucune imperfection et avec une qualité de verre bien définie, pour mettre en valeur les couleurs de l'image.

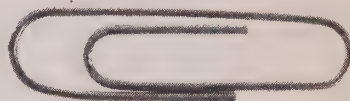
C'est de l'angle de déviation des faisceaux que dépend la hauteur des tubes et donc l'encombrement du poste. Or, plus l'angle est grand, plus la déflexion est difficile. Ceci a conduit l'électronicien à demander au verrier, des tolérances de plus en plus précises, sur l'épaisseur et sur la position du manchon où viendront se placer les canons à électrons.

SOVIREL a pu, grâce à ses Services Techniques et de recherche, résoudre l'ensemble de ces problèmes, fabriquer en série des pièces répondant à des exigences de plus en plus sévères et donner ainsi, à ses clients, les éléments constitutifs des tubes de télévision couleur moderne.

Renseignements: OE Service, cercele le n° 424.

## CONDENSATEURS CÉRAMIQUES « TRAVERSÉES » DE CENTRALAB ELECTRONICS

Les condensateurs de traversée des séries : FT, MFT, ZA, ZB sont spécialement conçus pour les circuits HF où, une mise à la masse de la capacité, soit au châssis, soit au blindage, est nécessaire.



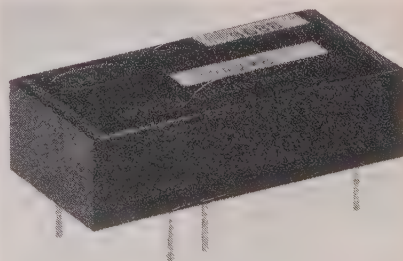
L'induction par les connexions est pratiquement éliminée.

Renseignements: OE Service, cercele le n° 425.

## FILTRES ACTIFS OEI

Les modules de la série 3700 permettent la réalisation aisée de filtres passe-bas, passe-bande ou passe-haut avec la possibilité d'utiliser plusieurs configurations telles que : Caver, Bessel, Butterworth, Chebyshev.

Les modules contiennent tous quatre amplificateurs ce qui permet d'avoir un réglage indépendant du gain et du coefficient de qualité.



Avec un montage en cascade on peut obtenir des filtres d'un ordre élevé.

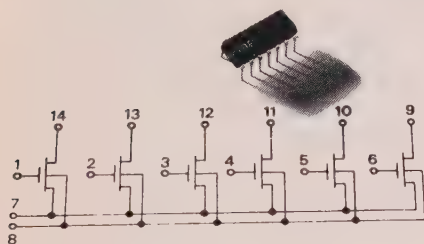
Gamme de fréquence 0 à 500 kHz.

Renseignements: OE Service, cercele le n° 426.

## NOUVEAU MULTIPLEXEUR A FAIBLE PRIX ANNONCÉ PAR GENERAL INSTRUMENT EUROPE

Un nouveau multiplexeur vient d'être présenté sur le marché mondial.

Le dispositif qui porte la référence MU-1-0006 est un multiplexeur de 6 canaux en boîtier plastique à 14 sorties et son prix est inférieur à celui de 6 transistors normaux à faible prix.



Ses principales caractéristiques sont : une impédance d'entrée de 10  $\Omega$ , une résistance Ron très basse, la protection Zener entre la porte et le substrat. Il fonctionne dans une gamme de température comprise entre 0 et 70 °C.

Par ses caractéristiques et son coût, le MU-1-0006 peut être considéré comme un des premiers circuits intégrés MOS en mesure de se substituer aux composants discrets à un prix d'achat inférieur, permettant dans le même temps de réduire les coûts d'assemblage de l'appareil dans lequel il est placé.

Renseignements: OE Service, cercele le n° 427.

## NOUVEAUX TRANSISTORS POUR LES MONTAGES A FILMS ÉPAIS ET MINCE

Siemens présente ses nouveaux transistors miniatures BCW 60 et BCW 61.

Grâce à la forme spéciale de leur boîtier et à leurs pattes de connexion, ces transistors permettent d'obtenir le maximum d'automatisation.

Les transistors BCW 60 (*n-p-n*) et BCW 61 (*p-n-p*) ont une tension collecteur-émetteur

$U_{CEO}$  de 32 V, un courant maximal de collecteur  $I_C$  de 100 mA et une puissance dissipée totale maximale  $P_{tot}$  de 150 mW. La plage d'amplification d'intensité  $h_{FE}$  va de 125 à 700 et est divisée en quatre groupes.

Renseignements: OE Service, cercele le n° 429.

## SILEC SEMICONDUCTEURS AU SALON DES COMPOSANTS 1971

De la visite du stand SSC, il ressort les tendances suivantes :

1. Utilisation générale de la technologie mise au point ces derniers mois, « la glassivation ». (dépôt d'un verre, dans des sillons pratiqués dans les plaquettes de silicium) assurant une passivation parfaite des jonctions, qu'il s'agisse de diodes, de thyristors ou de triacs.

2. Renouvellement de la gamme de dispositifs de puissance, diodes et thyristors qui va de 35 A à 500 A pour les premières et de 35 A à 475 A eff. pour les secondes. A signaler également les nouveaux montages redresseurs simples ou commandés.

3. Augmentation du nombre de produits destinés aux biens de grande consommation, que ce soit pour l'automobile, la radio télévision ou l'électro-ménager.

Renseignements: OE Service, cercele le n° 428.

## DU NOUVEAU DANS LA FAMILLE HLL - SGS

La famille HLL (haute immunité au bruit), de la SGS, vient de s'enrichir de deux nouveaux circuits, les H 117 et H 158 qui possèdent les caractéristiques des composants de la famille : large gamme de tension d'alimentation (10,8 V à 20 V), haute immunité au bruit (5 V pour  $V_{CC} = 15$  V), fan-out élevé (25 dans le cas le plus défavorable pour le H 117).

Le H 117 est un multivibrateur présentant les caractéristiques suivantes : largeur de l'impulsion de sortie comprise entre 1  $\mu$ s et plus de 100 s ; il possède une stabilité en tension de 0,1 %/V en fonction de la tension d'alimentation, et une stabilité en température de 0,2 %/°C dans la gamme de température 0 °C-70 °C ; une fois déclenché, le monostable est insensible à toute nouvelle transition du signal d'entrée ; déclenchement normal par une impulsion négative, mais le circuit comporte une porte additionnelle permettant l'inversion d'entrée ou de sortie.

Hormis les générateurs d'impulsions élargies ou retardées, le H 117 permet de réaliser des multivibrateurs à haute stabilité, des convertisseurs de fréquences (tachymètres et compteurs), des convertisseurs tension-durée (modulateurs de largeur d'impulsion ou premier étage d'un modulateur de codage d'impulsion), des générateurs de double impulsion, etc.

Le H 158 est un décodeur binaire décimal pour attaque de tubes Nixie. Le code d'entrée est le code BCD 8421. Quand une des dix sorties, à collecteur ouvert, est à l'état bas, les autres se trouvent à l'état haut. Une sortie étant à un niveau bas de 2 V, le courant de sortie peut alors atteindre 7 mA, alors qu'une sortie à l'état haut a un courant de sortie de

100  $\mu$ A sous 55 V. Pour ces raisons, le H 158 est donc parfaitement indiqué pour l'attaque de tubes de visualisation haute-tension. Le H 158 (décodeur) et le H 157 (décode) constituent un ensemble homogène dont l'application se trouve dans la réalisation des circuits compteurs-décodeurs.

Ils sont présentés en boîtiers céramique à broches.

Renseignements: OE Service, cercele le n° 430.

## CII ÉLARGIT SA GAMME AVEC IRIS

La Compagnie Internationale pour l'Informatique annonce un nouveau modèle de la gamme IRIS, l'ordinateur universel IRIS 45.

De taille moyenne, IRIS 45, qui est en particulier conçu pour la multiprogrammation la téléinformatique, offre aux entreprises une excellente voie d'accès à la gestion automatisée. Son architecture, assurée à l'ensemble un haut niveau de performances globales.

Le software d'IRIS 45 est basé sur le système d'exploitation SIRIS 2, d'ores et déjà en service sur de nombreux IRIS 50 ; ainsi les utilisateurs d'IRIS 45 bénéficieront-ils, dès le départ, l'expérience acquise sur un matériel plus performant de la gamme.

Outre une bibliothèque de programmes service et de calcul scientifique, IRIS 45 est doté d'un large éventail de programmes d'application intéressant diverses activités (stockage, ordonnancement, recherche documentaire, comptabilité, etc.).

Avec IRIS 45, CII met au service des entreprises un nouvel outil modulaire, capable de croître au rythme de leur propre expansion et de leur assurer une puissance de traitement ajustée en permanence aux besoins du moment.

Renseignements: OE Service, cercele le n° 431.

## STROBOSCOPE UNIVERSEL 15 WU

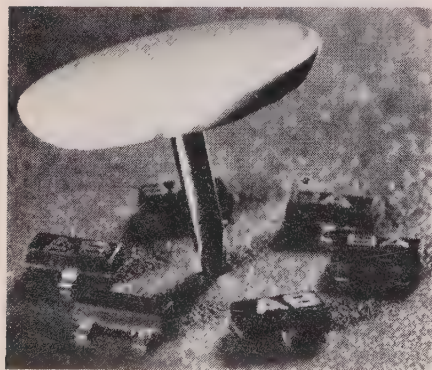
Ce nouveau stroboscope d'une grande luminosité a été conçu pour l'usage industriel.

Compact et léger, d'un transport aisé, l'appareil est cependant très performant :

— La puissance lumineuse permet les observations en plein jour, et même la photographie.

— Mesures tachymétriques de précision grâce au générateur étalonné à 1 %.

— Par l'adjonction de tiroirs enfichables permettant la synchronisation sur tout signal.



ique de 50 mV à 30 V continu ou alter-  
et en particulier l'adaptation aux capteurs  
étiques CM 5 et optiques SOR.

En synchronisation, tous types de dépha-  
sont possibles ainsi que l'obtention  
irs uniques ou de train d'éclairs pour  
otographie scientifique.

différentes qualités font du stroboscope  
U un appareil vraiment universel, qui a  
ce aussi bien au laboratoire qu'à l'atelier.

enseignements: OE Service, cerchez le n° 444.

## alisations ustrielles

### SYSTÈME DE TÉLÉSURVEILLANCE T DE TÉLÉCOMMANDE POUR PIPELINE FEYZIN-PONT-DE-CLAIX

nouveau pipeline doit entrer en service  
fin de l'année 1971 pour alimenter en  
lène l'usine PROGIL de Pont-de-Claix,  
tir de l'unité de production de Feyzin,  
te de plus de 100 km.

SOCEA, chargée de sa construction,  
otera d'un système de télésurveillance et  
lécommande dont la réalisation a été  
e à la Compagnie Européenne de Télé-  
mission (CETT), filiale de THOMSON-CSF.

équipement de télétransmission doit  
er la totalité des échanges d'informations  
res de débits, pression, température, etc.)  
cheminement des ordres entre le centre  
oitation situé à Grand-Serre, deux sta-  
de compression intermédiaires et onze  
de vannes de sectionnement.

appelons qu'ELF Union avait déjà confié  
TT l'équipement de la plus importante  
ite d'éthylène d'Europe, le pipeline  
x-Fezin-Pont-de-Claix, long de 285 km  
a mise en route remonte à 1967.

enseignements: OE Service, cerchez le n° 432.

### NOUVEAU SYSTÈME DE PÉAGE OMATIQUE DU MÉTRO DE PARIS RA ENTIÈREMENT FRANÇAIS

CGA (Compagnie Générale d'Automa-  
filiale du Groupe CGE) et la SESA  
té d'Etudes des Systèmes d'Automatisme)  
opéré à la conception d'ensemble du  
ne qui étend à tout le réseau urbain  
llation en fonctionnement sur le Réseau  
ss Régional.

CGA assure la fourniture de la totalité  
éments de couplage et interfaces entre  
uipements de stations: distributeurs de  
de transport, contrôles de passage, télé-  
nantes, etc. et les calculateurs. Rappelons  
eux-ci, au nombre de 14, sont des CII  
0.020.

rogrammation de l'ensemble du système  
nfiée à la SESA.

MD (Electronique Marcel Dassault)  
la réalisation des ADAR (Appareils  
uteurs pour Agent Receveur) pour les-  
la Société CAMP fournit les imprimantes  
es de transport et les lecteurs-décodeurs.

Les lecteurs de contrôles de passage et  
imprimantes sont construits en collaboration  
par CAMP (partie électromécanique) et CGA  
(électronique), et les portillons à tourniquet  
par la Société KLEIN.

C'est le GIE CGA-SESA qui assume la  
responsabilité de la maîtrise d'œuvre et de la  
coordination de cette importante réalisation  
qui dotera le Métro de Paris d'un système de  
péage automatique de conception et de réali-  
sation entièrement françaises.

Renseignements: OE Service, cerchez le n° 433.

## Vie des Sociétés

### FERISOL

La Société FERISOL (Ets GEFFROY & Cie),  
fondée en 1934, consacre toute son activité à  
l'étude et à la réalisation d'appareils de mesures  
électroniques utilisés par les laboratoires de  
l'Industrie, de l'Enseignement, des Grandes  
Administrations et dans tout le domaine des  
Télécommunications en France et dans de  
nombreux pays étrangers.

Du courant continu jusqu'aux hyperfréquen-  
ces, la gamme de ses fabrications comporte  
un grand nombre d'appareils, avec une produc-  
tion annuelle ayant dépassé 5 000 unités en  
1970.

FERISOL offre à sa clientèle un potentiel  
élevé de « Recherche et Développement » (plus  
de 100 ingénieurs et techniciens sont affectés  
aux laboratoires d'études sur un effectif total  
de près de 600 personnes), appuyé sur un  
complexe industriel de 14 000 m².

Une qualité de fabrication attestée par la  
fidélité de sa clientèle et aussi par le grand  
nombre d'appareils homologués par les ser-  
vices techniques des 3 armes et du CEA.

Un dernier critère de la qualité FERISOL est  
la part de plus en plus importante que prend  
l'exportation dans le chiffre d'affaires de la  
Société.

Le chiffre global hors taxes réalisé en 1970  
s'élève à plus de 40 millions de francs.

Le réseau commercial a été progressivement  
complété, en métropole par la création de  
DÉLÉGATIONS RÉGIONALES dont la première  
fut Toulouse en 1966, suivie par Rennes en  
1969. Ouverte en mars 1971 celle de Lyon  
couvrira toute la région Rhône-Alpes.

De même, le service Exportation, rayonnant  
dans un nombre croissant de pays étrangers,  
a créé deux Bureaux Techniques, l'un en  
Allemagne à Munich en 1968, l'autre en Italie  
à Milan en 1969.

### 500 000 TUBES IMAGES COULEUR A L'ACTIF DE RTC LA RADIOTECHNIQUE-COMPELEC

La toute prochaine sortie, début mai, du  
500 000<sup>e</sup> tube image couleur produit par RTC  
LA RADIOTECHNIQUE-COMPELEC, offre l'occa-  
sion de rappeler, par quelques dates et par  
quelques chiffres, ce que cette société a réalisé  
en ce domaine.

C'est en décembre 1966 que, s'inspirant d'une  
approche essentiellement industrielle et écono-  
mique du problème, RTC « sort » son premier  
tube couleur de technique « shadow-mask ».

Dès 1967, RTC met en place, à Dreux,  
la première chaîne française de fabrication en  
grande série de tubes image couleur.

A fin 1969, cette chaîne avait produit près  
de 200 000 tubes, permettant à RTC de couvrir  
les deux tiers du marché français et d'amorcer  
un important courant d'exportation.

Avec 200 000 tubes couleur fabriqués, soit  
80 % de la production nationale, sur lesquels  
un tiers destiné à l'exportation, 1970 voit  
tous les records battus.

Au cours de la même année, pour faire face  
à l'accroissement attendu du marché français  
et étranger, la capacité de production du  
centre industriel de Dreux est doublée par  
l'implantation d'une seconde chaîne de fabri-  
cation de tubes image couleur.

La mise en service, début 1971, de cette  
chaîne a permis de porter, pour l'exercice en  
cours, le plan d'activité du Centre de Dreux  
à quelque 400 000 tubes, marquant ainsi un  
nouveau bond en avant et une consolidation  
des positions de RTC tant en France qu'à  
l'exportation.

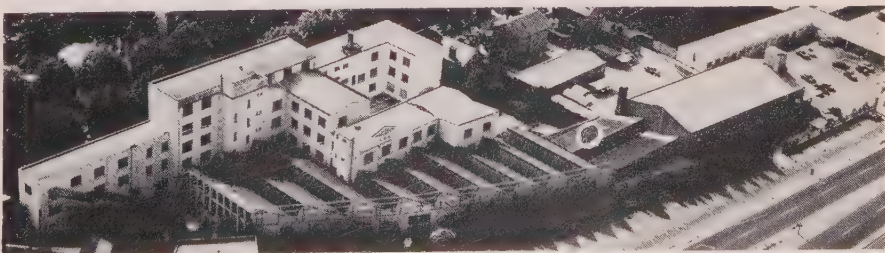
Renseignements: OE Service, cerchez le n° 434.

### ACCORD DU GROUPE THOMSON AVEC LA FIRME AMÉRICAINE RCA

Le Groupe THOMSON et RCA ont conclu  
un accord pour la constitution en commun  
d'une Société française avec participation  
majoritaire du Groupe THOMSON ayant pour  
objet la production et la vente de tubes images  
shadow-mask pour la télévision en couleur  
ainsi que leurs composants de col associés,  
notamment les modèles à angle de déflexion  
110°.

Sous réserve de l'approbation de cet accord  
par le gouvernement français, il est prévu que  
la production de cette Société débutera dès  
1971.

Renseignements: OE Service, cerchez le n° 435.



## ACCORD SGS - MOTOROLA DE «SECONDE SOURCE»

SGS et MOTOROLA viennent de conclure un accord aux termes duquel ils vont proposer simultanément certains dispositifs tout en échangeant les informations techniques qui s'y rapportent. Il s'agit des familles de produits utilisables dans trois types principaux d'équipements : calculateurs, matériel industriel et appareils domestiques tels que radio, télévision et ensembles stéréos.

Dans un premier temps, MOTOROLA produira les familles SGS de circuits intégrés logiques à haut niveau, H 100 et H 200, destinés aux applications nécessitant une grande immunité au bruit, ainsi que la gamme de SGS de circuits linéaires destinée au marché grand public.

Dans la famille MOTOROLA, SGS produira aussi bien les circuits logiques MHTL à haut seuil pour les emplois industriels que les circuits linéaires pour le grand public.

D'autre part, SGS et MOTOROLA mettent au point un accord visant à la fourniture commune de la famille MOTOROLA MECL 10 000 (logique ECL rapide) dont l'utilisation intéresse le matériel industriel, les équipements de communication et les calculateurs très rapides.

*Renseignements : OE Service, cerchez le n° 436.*

## UN SYSTÈME FRANÇAIS D'ATTERRISSAGE AUX INSTRUMENTS VA ÊTRE FABRIQUÉ AUX ÉTATS-UNIS

Un accord portant sur la cession d'une licence de fabrication pour un système d'atterrissage aux instruments (ILS) a été conclu entre THOMSON-CSF et TEXAS Instruments.

Aux termes de cet accord, TEXAS Instruments fabriquera et commercialisera aux États-Unis le plus récent système ILS mis au point par THOMSON-CSF avec l'appui des administrations françaises. Ce système, qui répond aux spécifications techniques édictées par l'Armée de l'Air des États-Unis aussi bien qu'à celles de l'OACI, sera fabriqué par TEXAS Instruments à la fois pour satisfaire aux besoins actuels de celle-ci et à ceux de l'Administration Fédérale de l'Aviation Civile (Federal Aviation Administration). Entièrement réalisé à partir de semiconducteurs, il se compose d'un radiophare pour l'alignement des avions dans l'axe de la piste (localizer), d'un radiophare pour le guidage dans le plan de descente (glide path), de trois balises radioélectriques pour l'indication des distances et d'un système de commande et de surveillance à distance.

*Renseignements : OE Service, cerchez le n° 437.*

## ACCORD ENTRE LA CIT-ALCATEL ET LA FIRME AMÉRICAINE INCOTERM DANS LE DOMAINE DES PÉRIPHÉRIQUES

La Division Transac de CIT-ALCATEL, du groupe CGE, vient de signer un accord avec la société américaine Incoterm, aux termes duquel elle vendra et fabriquera pour tout le Marché Commun la console de visualisation sur écran cathodique SPD 10/20 développé par Incoterm.

Le SPD 10/20 est le premier terminal de visualisation programmable mis sur le marché. Ce terminal contient une mémoire à ferrite (de 4 000 octets) qui lui permet de gérer des périphériques variés (imprimantes de différents types, enregistreurs à cassette, etc.) et d'exécuter, en local, de nombreuses opérations de préparation et de contrôle des messages.

L'accord Transac comporte des échanges de brevets et prévoit le développement par la Division Transac de modules et de périphériques qui seront vendus sur le marché américain par Incoterm.

Rappelons que la Division Transac de CIT-ALCATEL a été créée le 1<sup>er</sup> janvier 1970. Sa gamme de produits comprend une ligne complète de terminaux de saisie de données utilisant les propriétés du magnétisme : lecteurs de cartes magnétiques, terminaux de vente à cartes magnétiques, enregistreurs de données à mini-cassette, distributeurs automatiques de billets de banque « Bankomat » (les principales banques françaises ont déjà commandé 600 Bankomat, soit un marché de près de 50 millions de F).

*Renseignements : OE Service, cerchez le n° 438.*

## CONFÉRENCES TEKTRONIX POUR 1971

Depuis deux ans déjà, la société TEKTRONIX donne dans ses nouveaux locaux à Orsay une série de conférences destinées à mieux faire connaître ses produits et leurs multiples possibilités afin d'assister les utilisateurs et les personnes chargées des achats ou de l'entretien.

Devant le succès remporté par ces manifestations, la société TEKTRONIX a décidé de les renouveler pour 1971.

Chaque conférence d'une durée de 2 à 3 jours se compose de deux parties distinctes :

- Présentation et utilisation d'appareils d'une même famille,
- Etude du fonctionnement d'un appareil type.

Le programme de cette fin d'année 1971 en est le suivant :

- Traceurs de courbes de semiconducteurs : 19-20 octobre.
- Appareils des séries 5000 et 7000 : 25-26-27 mai ; 16-17-18 novembre.
- Oscilloscopes et visualiseurs à mémoire : 22-23 juin.
- Oscilloscopes à échantillonnage et de réflectométrie : 5-6-7 octobre.
- Oscilloscopes portable : 3-4-5 novembre.
- Analyseurs de spectres : 1-2 décembre.

A noter que ces conférences sont faites en langue française.

Pour de plus amples renseignements, s'adresser à TEKTRONIX, B.P. 13, 91-Orsay.

## SEMICONDUCTOR, ELECTRONIC MEMORIES INC. REPRÉSENTÉE EN FRANCE

SEMICONDUCTOR ELECTRONIC MEMORIES, Inc., vient de signer avec INTERNATIONAL SEMI-

CONDUCTOR CORPORATION FRANCE un accord de représentation exclusive pour la France.

SEMI a choisi deux options techniques de base : semiconducteur bipolaire et montage des chips par phase liquide. Ces deux systèmes ont des milliards d'heures de fonctionnement et assurent la meilleure fiabilité.

SEMI, propose actuellement une gamme de 8 mémoires RAM bipolaires à temps d'accès de 200 ns et une gamme à temps d'accès de 300 ns destinée à concurrencer les MOS. SEMI annonce une gamme avec un temps d'accès de 100 ns pour juin 1971 et une avec temps d'accès de 40 ns pour novembre 1971.

SEMI ne livre pas de chips ou de boîtiers individuels mais des blocs-mémoires comportant la capacité va de 128 × 8 bits à 1 024 bits.

*Renseignements : OE Service, cerchez le n° 439.*

## RIFA S'IMPLANTE SUR LE MARCHÉ FRANÇAIS

Filiale de LM ERICSSON Suède, AB RIFA est spécialisée dans l'étude et la fabrication de composants électroniques professionnels destinés aux industries des télécommunications et de l'électronique, s'implante en France.

La société présente :

une série d'éléments RC, PMR 202, spécialement conçus et développés en collaboration avec LM ERICSSON, pour la protection des contacts dans les ensembles de commutateurs automatiques,

un nouveau condensateur d'antiparasitage au papier métallisé, type PME 271, classe X ou Y,

des condensateurs de précision au polymère, de fiabilité élevée, tolérance  $\pm 1\%$ , catégorie climatique 40/085/21 ou 56,

des condensateurs de type MINIPAK imprégnés et moulés époxy sous vide, polyester métallisé 100 et 250 Vcc, et au papier métallisé convenant particulièrement aux applications en courant alternatif jusqu'à 500 V.

En outre, RIFA offre une grande variété d'ampoules Reed à contact rhodium, notamment le modèle miniature RBC 50 202, puissance de coupure 12 VA, longueur 18,5 mm.

Enfin, RIFA offre ses récentes réalisations en microélectronique : les circuits hybrides à couches épaisses Cermet MINIPAK®. L'élément le plus important a été porté sur la réalisation d'un certain nombre d'ensembles tels qu'un amplificateur microphonique et un étage amplificateur à fréquence porteuse consistant en un circuit monolithique avec condensateurs, résistances et diviseur de tension.

*Renseignements : OE Service, cerchez le n° 440.*

## Divers

### COMMUNIQUÉ DE L'AFCE

Une journée d'étude sur l'identification automatique des véhicules à distance dans les d

odes de transport a été organisée par le 31 mars 1971.

git, par exemple, de la reconnaissance balises placées sur la voie des numéros ou des rames de métro pour permettre l'automatisation de leur circulation. Un autre aspect a trait à l'identification des wagons de marchandises pour la gestion automatisée de leur mouvement dans les gares de triage.

autres applications plus lointaines sont à prévoir pour les véhicules routiers afin de permettre une perception automatique des droits de circulation.

Enfin, une application, et non la moindre, est relative à l'identification des aéronefs par une méthode de contrôle de la navigation aérienne.

Cette journée a montré que tous ces problèmes et d'autres qui ont été évoqués, font l'objet de nombreuses recherches et de développements intéressants.

## RCA PUBLIE PREMIER MANUEL COSMOS

Le premier manuel COSMOS de l'industrie, qui expose les principes fondamentaux pour la conception et l'application des circuits intégrés COSMOS, a été publié par la division Semiteur de RCA.

Cet ouvrage de 160 pages intitulé « RCA COSMOS Integrated Circuits Manual » référence CMS-270, comprend les bases de la physique, la technique de fabrication et la théorie du fonctionnement des circuits intégrés à transistors MOS complémentaires sur une même puce.

Cet manuel comprend toute une gamme d'informations applicables aux éléments RCA basse tension (3 à 15 V) nouvellement annoncés. Les données techniques de certains éléments sont données, ainsi que des considérations générales telles que l'immunité au bruit, l'alimentation, l'interface avec les autres formes de composants, les critères et procédés d'étude, et des recommandations pour de nombreuses applications.

Cet manuel a été spécialement conçu pour répondre aux besoins des ingénieurs d'études, mais il est également un outil important pour les enseignants, étudiants, radio-amateurs, chercheurs et autres personnes intéressées par les circuits intégrés MOS.

Cet manuel CMS-270 est en vente à Radio Shack, 9, rue Ernest Cognacq, 92-Levallois-Perret (tél. 737.54.80).

Cette annonce, jointe à celles faisant part d'une nouvelle organisation de l'équipe européenne de marketing et d'ingénieurs d'application ainsi que de la prochaine inauguration à Liège d'une nouvelle usine de semiconducteurs, montre l'importance de l'information annonçant que RCA se retirerait du marché des semiconducteurs.

## Cours et colloques

### ADMISSION AUX INSTITUTS SUPÉRIEURS D'ÉLECTRONIQUE DU NORD (ISEN) ET DE PARIS (ISEP)

Les épreuves de sélection communes pour l'admission dans le 1<sup>er</sup> cycle d'études de ces deux Instituts auront lieu à Lille, Paris, Bordeaux, Dijon, Limoges, Lyon, Marseille, Nancy, Rennes ou Rouen :

— Pour l'entrée en 1<sup>re</sup> année : candidats bacheliers C, D ou E, les vendredi 2 et samedi 3 juillet 1971.

— Pour l'entrée en 2<sup>e</sup> année : candidats ayant fait une année d'études supérieures MPI ou PCI, les lundi 28 et mardi 29 juin 1971.

Renseignements et inscriptions aux secrétariats de l'ISEN, 3, rue François-Baës, 59-Lille (tél. 57.23.77) et ISEP, 21, rue d'Assas, 75-Paris-8<sup>e</sup> (tél. 548.24.87).

### JOURNÉES D'ÉTUDES ET DE FORMATION SYNECTICS EN 1971

SYNECTICS-FRANCE, experts et praticiens en créativité, 10, rue Washington, Paris-8<sup>e</sup>, tél. 256.11.42, organisent des séminaires d'initiation accélérée d'une journée et des séminaires d'initiation générale de deux journées sur la créativité et l'innovation dans les entreprises, par la méthode Synectique.

Ces séminaires s'adressent aussi bien aux PDG et aux directeurs responsables des entreprises qu'aux services d'études et recherches, techniques, commerciaux, relations publiques et autres.

Les principes enseignés visent à utiliser au maximum la créativité des individus et des groupes de l'entreprise et leur permettent de trouver plus vite une idée originale.

Le nombre de participants aux séminaires est limité à huit ; les sessions d'une journée auront lieu les 7 juin, 30 septembre, 4 novembre, 7 décembre et les sessions de deux jours, les 14 et 15 juin, 6 et 7 octobre, 16 et 17 novembre, 9 et 10 décembre.

Pour tous renseignements, s'adresser à Madame Flora Pagès, secrétaire administrative de SYNECTICS-FRANCE.

### EXPOSITION A L'US TRADE CENTER ORDINATEURS POUR L'INDUSTRIE, LA GESTION ET LA RECHERCHE

Neuilly-sur-Seine, 7 au 11 juin 1971

Le Centre permanent d'expositions commerciales des Etats-Unis nous fait savoir qu'il présentera dans ses locaux du 123 av. de Neuilly à 92-Neuilly-sur-Seine, la plus importante de toutes les expositions qu'il a organisées jusqu'ici, du 7 au 11 juin 1971.

Près de cinquante sociétés américaines y présenteront des ordinateurs pour l'industrie, la gestion et la recherche, matériels très avancés et parfois inédits.

### COLLOQUE SUR LES APPLICATIONS AU DOMAINE MÉDICAL DES MÉTHODES ET TECHNOLOGIES DE L'ÉLECTRONIQUE

Toulouse, 15-17 septembre 1971

Les 15, 16 et 17 septembre 1971, se tiendra à Grenoble un colloque qui traitera de certaines méthodes de technologies de l'électronique appliquées au domaine médical.

Ce colloque sera consacré aux trois thèmes principaux suivants : *Imagerie en médecine nucléaire*. — *Etude mathématique de signaux physiologiques*. — *Utilisation de petits calculateurs en médecine*.

Ce colloque, organisé conjointement par les Facultés de Médecine et de Pharmacie de Lyon et Grenoble, par la Faculté des Sciences de Grenoble et par le CENG (LETI) est placé sous la présidence de M. NÉEL.

Une exposition de matériel se tiendra aux abords des salles de conférences.

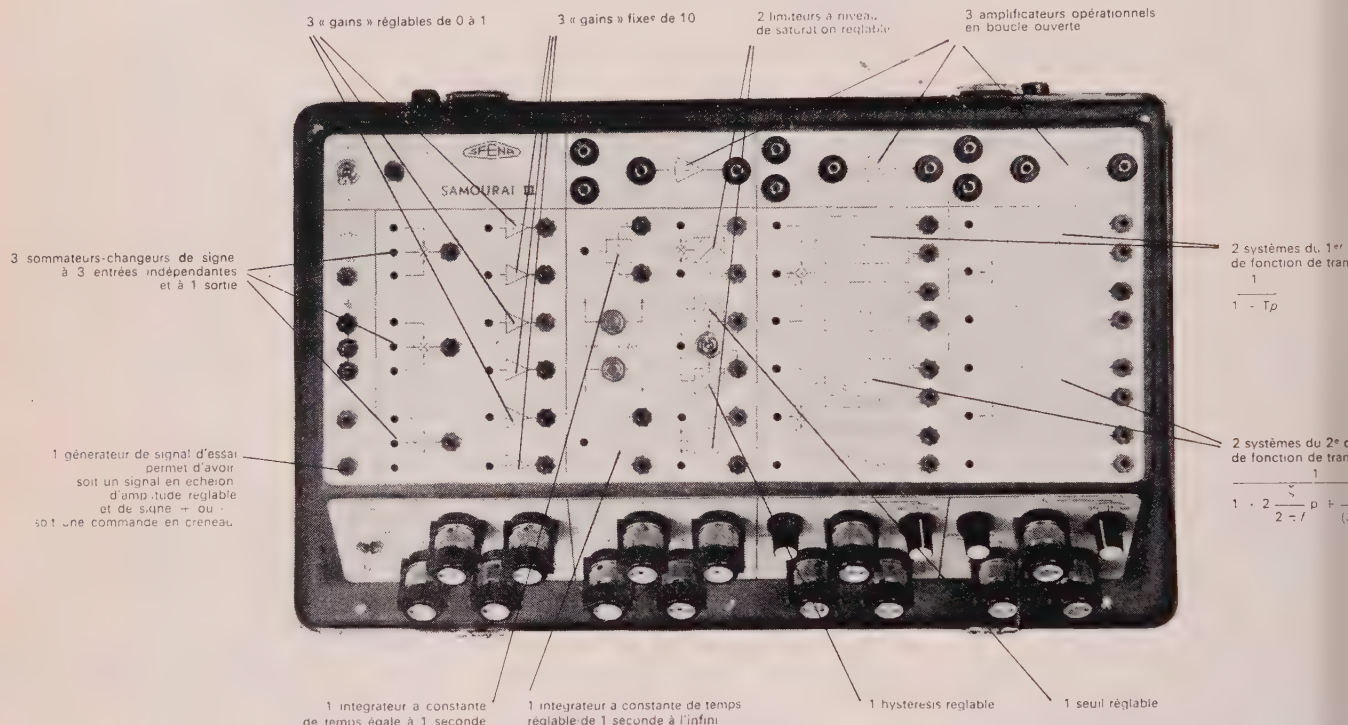
Pour tous renseignements complémentaires et inscription, s'adresser à M. DELCROIX, CEN/G - LETI, Cedex 85, 38-Grenoble-Gare. Tél. (76) 97.41.11, poste 35.03.

# Simulateurs analogiques miniaturisés "SAMOURAI" SFENA

- Le « Grand Prix des Oscars à l'exportation, meilleur produit » remis à la SFENA par le Ministre de l'Economie et des Finances, sanctionnait la qualité des équipements conçus fabriqués par cette Société.

Parmi ces équipements, la SFENA présente une famille de simulateurs analogiques miniaturisés qu'elle désigne sous le nom générique de « Samouraï ».

Les « Samouraï » I et II ont été conçus pour résoudre des problèmes se rapportant particulièrement au pilotage des avions.



L'utilisateur dispose, sans aucun câblage, de fonctions de transfert de systèmes du premier ordre et du second ordre ainsi que de blocs fonctionnels simulant des non-linéarités typiques : saturation, seuil, hystérésis... Chaque Samouraï se présente sous la forme d'un coffret portable de dimensions réduites, avec divers blocs fonctionnels indépendants à caractéristiques entrée (s) - sortie (s) réglables à l'aide de potentiomètres de précision à 10 tours incorporés et équipés de boutons compte-tours à lecture numérique.

## Utilisations

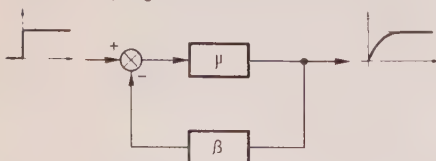
— Illustration de cours d'asservissements - travaux pratiques - recherches dans l'enseignement. — Etude et entretien de processus industriels. — Conception, exploitation et maintenance d'équipements en aéronautique. — Pratique des systèmes asservis, etc.

### Samouraï III comporte

— 3 sommateur changeurs de signe à 3 entrées indépendantes. — 3 amplificateurs en boucle ouverte. — 3 gains fixes. — 3 gains réglables. — 1 intégrateur à constante de temps fixe. — 1 intégrateur à constante de temps réglable. — 2 limiteurs à niveau de saturation réglable. — 1 seuil réglable. — 1 hystérésis réglable. — 2 systèmes du 1er ordre à constante de temps réglable. — 2 systèmes du 2nd ordre à fréquence propre non amortie et à amortissement réglables. — 1 générateur de signal d'essai (échelon d'amplitude réglable et de signe + ou -).

## Caractéristiques

— Alimentation : 220 V - fréquence supérieure ou égale à 50 Hz. — Consommation : 20 VA. — Dimensions : 472 mm × 310 mm × 165 mm. — Poids : 6,5 kg.



**Visualisation des résultats :** sur oscilloscope, enregistreur, table traçante.

L'impédance d'entrée de ces appareils doit être supérieure à 5 kΩ ; si des appareils de moindre impédance devaient être utilisés, la SFENA pourrait fournir des amplificateurs de puissance.

**Technologie :** Les circuits intégrés linéaires utilisés ont leur sortie protégée contre les courts-circuits à la masse. Les potentiomètres de précision à 10 tours sont équipés de boutons compte-tours à lecture numérique.

## Applications

### Enseignement

L'assistance apportée aux enseignants et aux étudiants apparaît dans l'énumération des possibilités offertes par le Samouraï III : ● Illustration de la notion de système de commande en chaîne ouverte, puis de celle de systèmes à retour ou bouclés.

● Etude des asservissements linéaires : Système du 1er ordre - Système du 2nd ordre - Systèmes en cascade - Relevé expérimental des courbes de gain et de phase d'un système en chaîne ouverte - Relevé expérimental des courbes de gain et de phase d'un système bouclé - Précision des systèmes asservis linéaires - Influence des perturbations sur le régime définitif des asservissements linéaires ● Etude de la stabilité d'un système asservi : Stabilité régulière - Stabilité irrégulière ● Synthèse des asservissements linéaires : Dilemme stabilité précision - Réglage du gain de la chaîne directe - Influence des retards - Compensation par avance de phase - Compensation intégrale - Compensation par correcteur PID ● Etude de quelques systèmes asservis non-linéaires ; approximation du premier harmonique ● Méthode du plan de phase.

### Industrie

Samouraï III rend de multiples services aux responsables des bureaux d'études, des laboratoires

et des ateliers : ● connaissance du comportement dynamique de l'installation bien avant sa mise en service et prévision des mesures à prendre en cas d'incident. Les plages admissibles des gains et les méthodes de réglage des régulateurs sont définies en vue d'éviter toute oscillation intempestive ● choix de nouveaux réglages en cas de changement de régime de fonctionnement ● maintenance dynamique des équipements ● formation du personnel technique qualifié et recyclage en automatique.

Exemples de domaines d'utilisation : ● asservissements de position ● asservissements de vitesse ● commande d'antenne ● commande de machines-outils ● commande d'ascenseurs et de monte-charges ● commande de traitement thermique ● régulation de température ● régulation de niveau ● régulation de pression ● régulation de débit ● commande de vitesse de moteurs.

### Applications particulières à l'industrie aéronautique

Samouraï III permet de résoudre les problèmes concernant : ● l'identification de la fonction de transfert : variation de vitesse angulaire de la gouverne sur variation de braquage de la gouverne ● la détermination des fonctions de transfert d'asservissement de la chaîne d'asservissement de tangage ● la stabilisation d'engins roulis ● la régulation de groupes turbo-réacteurs, etc.

### Autres applications

L'automatisation poussée des installations industrielles et des bâtiments de la flotte marchande fait de Samouraï III un matériel adapté aux besoins de la Marine.

Samouraï III est le manuel d'Automatique à la fois efficace des instructeurs dans les Ecoles Supérieures, le simulateur désigné pour la conception, la mise au point et l'exploitation des équipements en service dans les Forces Armées.

SERVICE

n° 71-5  
se lit :  
mai 1971

Pour bien  
utiliser notre  
service aux  
Lecteurs :

annonce pu-  
e, chaque do-  
cation technique  
nos pages de  
portent un nu-  
de référence.

ur les tableaux  
ité ou docu-  
on) CERCLEZ  
nros de référé-  
correspondant  
à la  
entation techni-  
propos desquel-  
s désirez rece-  
complément  
ation.

crivez vos nom  
s, profes-  
adresse très  
ent.

rien inscrire sur  
ies blanches.

ranchez et

ION : Cerclez  
ement les nu-  
qui vous inté-  
Pas de croix,  
ni de coches.

PUBLICITÉ

500 520 540 560 580 600 620 640 660 680 700 720 740 760 780 800 820 840 860 880  
501 521 541 561 581 601 621 641 661 681 701 721 741 761 781 801 821 841 861 881  
502 522 542 562 582 602 622 642 662 682 702 722 742 762 782 802 822 842 862 882  
503 523 543 563 583 603 623 643 663 683 703 723 743 763 783 803 823 843 863 883  
504 524 544 564 584 604 624 644 664 684 704 724 744 764 784 804 824 844 864 884  
505 525 545 565 585 605 625 645 665 685 705 725 745 765 785 805 825 845 865 885  
506 526 546 566 586 606 626 646 666 686 706 726 746 766 786 806 826 846 866 886  
507 527 547 567 587 607 627 647 667 687 707 727 747 767 787 807 827 847 867 887  
508 528 548 568 588 608 628 648 668 688 708 728 748 768 788 808 828 848 868 888  
509 529 549 569 589 609 629 649 669 689 709 729 749 769 789 809 829 849 869 889  
510 530 550 570 590 610 630 650 670 690 710 730 750 770 790 810 830 850 870 890  
511 531 551 571 591 611 631 651 671 691 711 731 751 771 791 811 831 851 871 891  
512 532 552 572 592 612 632 652 672 692 712 732 752 772 792 812 832 852 872 892  
513 533 553 573 593 613 633 653 673 693 713 733 753 773 793 813 833 853 873 893  
514 534 554 574 594 614 634 654 674 694 714 734 754 774 794 814 834 854 874 894  
515 535 555 575 595 615 635 655 675 695 715 735 755 775 795 815 835 855 875 895  
516 536 556 576 596 616 636 656 676 696 716 736 756 776 796 816 836 856 876 896  
517 537 557 577 597 617 637 657 677 697 717 737 757 777 797 817 837 857 877 897  
518 538 558 578 598 618 638 658 678 698 718 738 758 778 798 818 838 858 878 898  
519 539 559 579 599 619 639 659 679 699 719 739 759 779 799 819 839 859 879 899

71-5

DOCUMENTATION TECHNIQUE

400 410 420 430 440 450 460 470 480 490  
401 411 421 431 441 451 461 471 481 491  
402 412 422 432 442 452 462 472 482 492  
403 413 423 433 443 453 463 473 483 493  
404 414 424 434 444 454 464 474 484 494  
405 415 425 435 445 455 465 475 485 495  
406 416 426 436 446 456 466 476 486 496  
407 417 427 437 447 457 467 477 487 497  
408 418 428 438 448 458 468 478 488 498  
409 419 429 439 449 459 469 479 489 499

71-5

BULLETIN D'ABONNEMENT A L'ONDE ÉLECTRIQUE

Je, soussigné, souscris un abonnement d'un an à L'ONDE ÉLECTRIQUE  
à partir du numéro de ..... au prix de (1) :

France ..... 82 F  
Etranger ..... 100 F F

Nom .....  
Prénoms .....  
Firme (2) .....  
Fonctions (2) .....  
Adresse .....

Je règle le montant de cet abonnement par (1) : chèque bancaire ou virement  
postal au nom des ÉDITIONS CHIRON, C.C.P. 53-35 PARIS.

(1) Rayez les mentions inutiles  
(2) Vous pouvez vous abonner à votre  
domicile privé. Dans ce cas, pour notre  
travail de statistique, n'omettez pas les  
deux points mentionnés. Nous vous en

Date : .....  
Signature :

71-5

N

P

F

Da

N

F

A

D

71-5

N

P

F

Da

N

F

A

D

AFFRANCHIR

**O. E. SERV**

---

## **l'onde électrique**

*O.E. Service Lecteurs*

**ÉDITIONS CHIRON**

**40, rue de Seine, PARIS-VI**

*Si  
vous désirez  
des renseignements  
complémentaires  
sur les  
produits annoncés  
ou sur les  
nouvelles de  
notre documentation  
technique,  
utilisez  
les cartes-réponses  
mises à votre  
disposition  
par*

**O.E. SERVICE**

## **l'onde électrique**

*O.E. Service Lecteurs*

**ÉDITIONS CHIRON**

**40, rue de Seine, PARIS-VI**

*Voyez  
au recto  
le mode  
d'emploi*

AFFRANCHIR

## **l'onde électrique**

*O.E. Service Abonnements*

**ÉDITIONS CHIRON**

**40, rue de Seine, PARIS-VI**

*Au cas où vous  
désiriez un nouveau  
abonnement  
le bulletin ci-joint  
est à votre  
disposition.*

# MESURES SUR LES TRANSISTORS

PAR

H. ARCISZEWSKI

*B.Sc. (Eng.) Université de Londres, C.Eng., M.I.E.E., A.M.I.E.R.E.  
actuellement au CNES, Centre Spatial de Toulouse,  
responsable du programme d'industrialisation des composants haute fiabilité*

préface

de

J. ELDIN

*Ingénieur en Chef des Télécommunications  
Directeur du Centre de Fiabilité du C.N.E.T.*

Un ouvrage de 700 pages 16×24,5 cm, relié pleine toile, 595 schémas, 711 courbes, 53 tableaux. Description d'environ 230 méthodes de mesure détaillées portant sur plus de 130 paramètres de transistors. Prix franco : 90 F.

---

EDITIONS CHIRON, 40, rue de Seine, PARIS VI<sup>e</sup>, CCP PARIS 53-35

---

« La mesure » est le seul guide dont dispose le technicien pour avancer dans la compréhension des phénomènes qu'il essaie de maîtriser.

Le but de cet ouvrage, qui traite des concepts fondamentaux des transistors, des paramètres qui les caractérisent, des besoins auxquels ces paramètres répondent, est surtout de décrire comment les mesurer et les utiliser de façon rationnelle.

Dans cet exposé, l'effort a porté tout particulièrement sur la possibilité de permettre aux techniciens ne disposant que d'un appareillage de base (voltmètre, générateur, etc...) d'effectuer les mesures les plus diverses. Il s'adresse à toute personne utilisant les transistors (ingénieurs, agents techniques, étudiants, dépanneurs).

On trouvera pour chaque type de paramètre :

- a) des analyses mathématiques,
- b) des descriptions détaillées de montages, des considérations sur les variations possibles des paramètres en fonction des conditions différentes du fonctionnement et les précautions à prendre éventuellement.

Ainsi, chaque utilisateur sera capable de réaliser des mesures en toute sécurité sans risquer de détruire partiellement ou totalement les transistors en essais.

Monsieur H. Arciszewski réussit à concilier l'originalité des méthodes d'exposition d'un sujet énorme, avec la clarté d'une logique pleinement assimilable, faisant ainsi un ouvrage d'une remarquable densité d'information où tout ce qui concerne les mesures est dit, depuis les indispensables théories de base jusqu'à l'étude détaillée de méthodes opératoires.

C'est ainsi un ouvrage de référence de grande valeur, aussi bien sur le plan national que sur le plan international, qui vient s'ajouter à la Collection Technique et Scientifique du C.N.E.T. Chacun pourra y trouver dans un langage à la fois clair et concret le rappel des principes physiques sous-tendant chaque mesure, les précautions à prendre, les montages employés, les variations que l'on peut attendre des paramètres mesurés en fonction de diverses conditions extérieures.

C'est aussi un ouvrage d'enseignement, dont l'intérêt didactique sera apprécié, nous n'en doutons pas, aussi bien par les étudiants que par les techniciens. Pour tout dire, un ouvrage indispensable à quiconque s'intéresse aux transistors.

Au moment où se développent de manière extraordinaire les échanges commerciaux à l'intérieur d'un même pays et entre les différents pays, il est particulièrement agréable de saluer la parution d'un livre de référence permettant aux techniciens de parler ce langage commun qu'est celui de la mesure. Monsieur Arciszewski, par son expérience professionnelle au sein de sa Société, par la part active qu'il a prise aux travaux des différentes instances de normalisation en France (SITELESC - CCT) et internationales (NATO, CEI) était particulièrement qualifié pour écrire ce livre.

---

EDITIONS CHIRON - 40, rue de Seine - PARIS-6<sup>e</sup>

---

# STROBOSCOPE

UNIVERSEL-A TIROIRS

TACHYMETRIE  
OBSERVATION  
PHOTOGRAPHIE



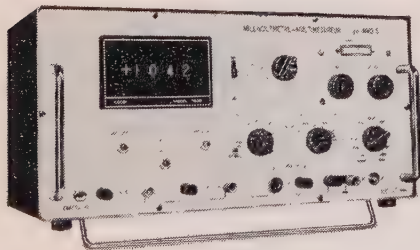
**industries**

39 rue Dareau 75-Paris 14 / tél. 587 38.63  
documentation sur demande

robuste  
précis  
maniable  
lumineux

réf. str. 2.71

O.E. Service : cerclez le n° 544



## ÉLECTROMÈTRE MULTIMESUREUR DIGITAL M.V.D. 5

CIRCUIT TRIPOLE  
A TRANSISTORS  
Breveté S. G. D. G.

8 FONCTIONS — PRECISION DEPUIS 0,1 %

- V CONTINU. — R. d'entrée  $10^{14} \Omega$ , 100 mV à 2000 volts sur 4 chiffres 0,1 %.
- V ALTERNATIF. — Z d'entrée 500/1000 M $\Omega$  à 100 Hz, 1 V à 1000 V. Crête.
- I CONTINU. —  $10^{-3}$  à  $10^{-9}$  ampères sur 4 chiffres. Résolution  $2 \cdot 10^{-12}$  ampères.
- R. —  $10^3 \Omega$  à  $10^9 \Omega$  sur 4 chiffres. Résolution  $\pm 1 \Omega$ .
- C. — 1000 pF à 1000  $\mu$ F sous 10 V continu. Précision 1 à 5 %.
- INTEGRATION LINEAIRE. — 1 à 1000 secondes. Réponse depuis 100  $\mu$ s.
- FLUXMETRE GAUSSMETRE. — 100 gauss pleine échelle.

Sortie : INDICATEUR NUMÉRIQUE DE QUALITÉ

- 4 CHIFFRES (3 + 1), 2000 points. Résolution  $\pm 100 \mu$ V. Précision 0,1 %.
- DERIVÉ DU ZERO. — Négligeable.
- ALIMENTATION SECTEUR. — Stabilisée à  $10^{-4}$ .

AUTRES MODELES :

Kilovoltmètre 50 kV - Nano et pico-ampèremètres - Téra et ultramégohmmètre ( $10^{16} \Omega$ ) - Gaussmètre à cellule de Hall - Fluxmètre - Résistivimètre - Pico et macro capacimètre - Enregistreur potentiométrique à 1 ou 2 voies - Appareils à affichage numérique V-I-R-C - Intégration.

**EMOUZY**

63, rue de Charenton  
75-PARIS-12<sup>e</sup> - Tél. 343-07-74

Fondée en 1915

S.A. au capital de 1 million de francs

FOURNISSEURS DE 5.000 LABORATOIRES OFFICIELS ET PRIVÉS

RAPY 9-5

O.E. Service : cerclez le n° 546

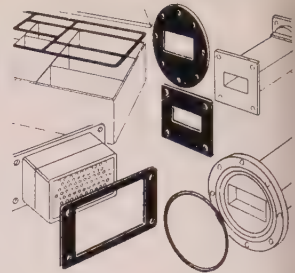
## JOINTS HYPERFREQUENCES

**ALTOFLEX**



Grande efficacité (même à 40.000 Mégacycles)  
Simplicité de Pose - Longévité

- Joints Composites Métal, Caoutchouc pour étanchéité, fréquences et fluides.
- Hublots ALTOCELL pour blindages et ventilation (Breveté S.G.D.G.).
- Pièces confectionnées en nos ateliers, sur demande (Licence Technit).



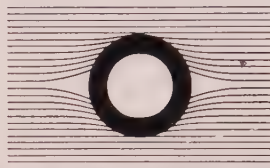
Les joints hyperfréquences ALTOFLEX-TECKNIT sont constitués par de la TRICONITE, fil métallique tricoté et transformé spécialement en un matériau de structure asymétrique, insensible à tout effet de zone et qui combine ELASTICITE, FLEXIBILITE, COHESION et CONDUCTIBILITE.

**ALTOSIL-HYPER**

JOINT HYPERFREQUENCES  
en mélange CAOUTCHOUC DE SILICONE/ARGENT  
TRES GRANDE CONDUCTIBILITE et HAUTE STABILITE

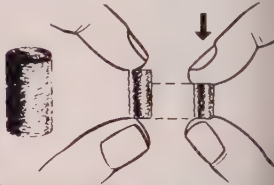
## ALTOMU

BLINDAGE  
MAGNETIQUE



## ALTOFUZZ

CONTACT ÉLECTRIQUE  
SOUPLE en fil de bronze doré

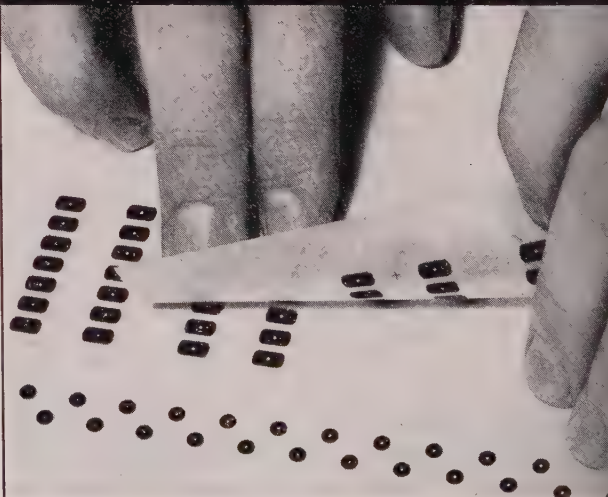


**ALTOFLEX**

Usine et bureaux : 36 rue des Maraichers  
PARIS 20<sup>e</sup> Téléphone : 628-46-85

O.E. Service : cerclez le n° 545

dessins de circuits:  
cette nouvelle méthode économise  
40% de votre temps.



La méthode Mecanorma Electronic assure un gain de temps important.

■ Présentation sur bandes transfert. ■ Positionnement et application instantanés d'une pellicule stable (épaisseur 0,02 mm) ■ Netteté et précision des contours. Plus de 800 références (pastilles - boîtiers - rubans - haute précision) disponibles sur stock.

Catalogue, échantillons sur demande :  
MECANORMA ELECTRONIC (Service O)  
78 Le Perray-en-Yvelines-tél:484-83-40.

**MECANORMA**

O.E. Service : cerclez le n° 547

Mai 1971 L'Onde Electronique

# OUS FILS ET CABLES SPÉCIAUX

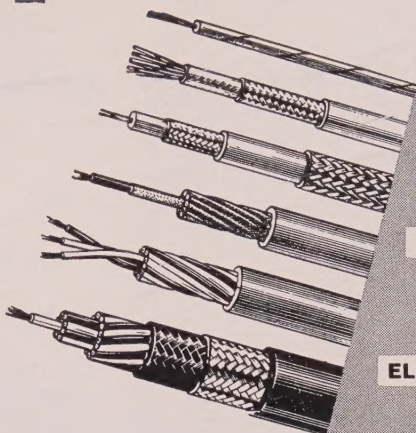
FILS DE CABLAGE  
FILS HAUTE TEMPÉRATURE  
FILS EXTRA-SOUPLES

FILS ET CABLES D'ÉQUIPEMENT RADIO  
CORDONS DE COMPENSATION  
CABLES DE SIGNALISATION



140-146, RUE EUGÈNE DELACROIX  
DRAVEIL (S.&O.) TEL. 921.78.00 +

Service : cerchez le n° 548



AVIATION



MARINE



ELECTRONIQUE

## COMPTEURS HORAIRES

ombrement  
réduit  
x 46 mm  
•  
prix  
éressants  
4,00 H.T.



# BLET

STRUMENTS DE MESURE ET DE CONTROLE DE PRÉCISION  
2, faubourg St-Denis - PARIS (X°)

TÉLÉPHONE: 206.44.16 (3 lignes groupées)  
Telex BLET PARIS 23.889

BORDEAUX • LYON • STRASBOURG

Service : cerchez le n° 549



ÉCLAIRAGE ET  
CHAUFFAGE ÉLECTRIQUES  
POUR L'AÉRONAUTIQUE ET  
L'INDUSTRIE

174 - 178, Quai JEMMAPES  
PARIS X'

208.89.23 - 208.32.25 - 208.48.96

Tableaux lumineux éclairés par la tranche (lampes et circuits incorporés un ou deux allumages)

Eclairages et consignes de secours à alimentation autonome

Autoluminescence

Consignes passagers

Afficheurs numériques toutes dimensions

Projecteurs et lanternes basse tension

Résistances blindées

Radiateurs électriques étanches

O.E. Service : cerchez le n° 550

# PUBLICITÉ DE L'ONDE ÉLECTRIQUE

EXCLUSIVITÉ R. DOMENACH

161 BD SAINT-GERMAIN — PARIS-6<sup>e</sup> — TÉL. 222.41.97 ET 41.98



## INDEX DES ANNONCEURS

|                       | Pages                              |                                      | Pages              |
|-----------------------|------------------------------------|--------------------------------------|--------------------|
| ADRET .....           | 30                                 | NEC .....                            | 47                 |
| ALCATEL .....         | 41                                 | PHILIPS INDUSTRIES .....             | 39-40              |
| ALTOFLEX .....        | 46                                 | QUARTZ & ELECTRONIQUE .....          | 34                 |
| AMPEX .....           | 32                                 | RADIO-EQUIPEMENTS .....              | 29                 |
| ANTARES .....         | 37                                 | RTC LA RADIOTECHNIQUE-COMPELEC ..... | 23                 |
| BLET .....            | 47                                 | RTF .....                            | 28-33              |
| CEPE .....            | 30                                 | RUSSENBERGER .....                   | 38                 |
| COMELIM .....         | 19                                 | SALIES .....                         | 34                 |
| ELECMA (SNECMA) ..... | 13                                 | SAPRATIN .....                       | 4 <sup>e</sup> c.  |
| FERISOL .....         | 2 <sup>e</sup> - 3 <sup>e</sup> c. | SCHLUMBERGER .....                   | 35                 |
| FILOTEX .....         | 47                                 | SCHNEIDER .....                      | 18                 |
| INTERTECHNIQUE .....  | 26-31                              | SECRE .....                          | 11                 |
| LEMOUZY .....         | 46                                 | SEDELEC .....                        | 20                 |
| LMT .....             | 24                                 | SESCOSEM .....                       | 12                 |
| L.N. INDUSTRIES ..... | 46                                 | SFENA .....                          | 1 <sup>re</sup> c. |
| LTT .....             | 36                                 | LA SIGNALISATION .....               | 15                 |
| MARCEL DASSAULT ..... | 21                                 | SOURIAU .....                        | 2                  |
| MECANORMA .....       | 46                                 | TEKTRONIX .....                      | 14-25              |
| METRIX .....          | 22                                 | THOMSON-CSF .....                    | 17                 |
| MTI - ITT .....       | 42                                 | ZEISS .....                          | 16                 |

### Sommaire de L'Onde Electrique, n° 71-6, juin 1971 (Sous réserve de modifications de dernière heure)

- L'espace et la communication — Colloque de la SFER, Paris, 29 mars - 2 avril 1971. Avant-propos, M. BIGUIER (CNES).
- Synthèse des travaux du colloque, M. THUE (CNET).
- La technologie des télécommunications par satellites dans la prochaine décennie, G. WELTI (CSCL, Clarksburg, Maryland).
- Caractéristiques énergétiques optimales et efficacité d'un système de télécommunication par système, N.V. TALZIN, L. Ya. KANTOR, Yu. M. PALANSKY, V. KRILOV (Min. Comm. URSS, Moscou).
- Etude d'un éventuel système régional européen de télécommunications par satellites, H. KABISH, G. MALLENS, G. MYRENFORS, A.G. REED, L. RUSPANTINI, NOYAU.
- Système de multiplex temporel pour la gestion du trafic aérien, BAMANT, BREAUT, DAVID, DOULLET, DUQUENNE, PLANTIER (TRT).
- L'antenne de bord du système Dioscures — Application du balayage électronique à la navigation aérienne par satellites, B. DORIER (ELECMA).
- Emploi d'un tube à onde progressive en montage reflex dans les télécommunications spatiales, V. BIGGI, D. HENRY, J.C. MARECHAL (Thomson-CSF).
- Les tubes de prise de vue pour applications spatiales, M. BLAMOUTIER (Thomson-CSF).
- Mémoires MOS à canal P de faible consommation, K. GASER (Siemens).
- Sources à état solide à grand rendement en hyperfréquence, B. KRAMER, A. FARRAIRE.
- Conception radioélectrique d'une antenne expérimentale de télécommunications spatiales dans la gamme 10 - 35 GHz, S. DRABOWITCH, B. DAVEAU (Thomson-CSF).
- Amplificateurs de réception à transistors pour stations terriennes, B. LORIOU, J. GUENA (CNET).
- Etudes de divers modems MDP pour système d'accès multiplex à répartition dans le temps - Résultats d'expériences spatiales, T. MURATINI, A. OGAWA, M. OKAWA.

Il y a celui-ci... il y a celui-là...  
mais il n'y a que les

# mini- fréquencemètres type HB

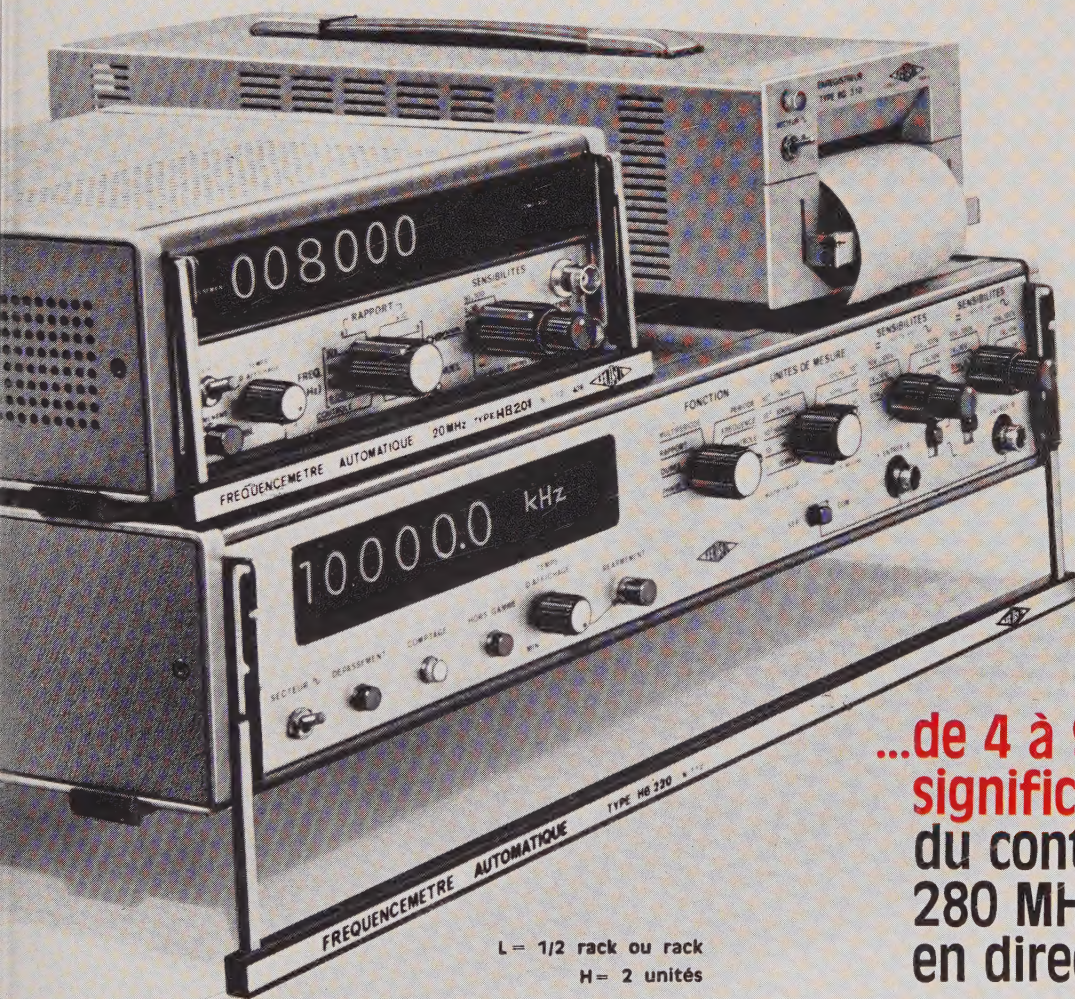
circuits intégrés

IL AFFICHENT...



Les **MINI-FREQUENCEMETRES** type HB couvrent une plage de mesures globale de **0 à 160 MHz**, qui peut être étendue à **280 MHz**, sans perte de précision, en leur associant un **COMPTEUR-DIVISEUR** type HBD 100 à 3 décades, équipé d'une porte interne synchrone.

Les HB sont multifonctions et peuvent être utilisés en mesures de fréquences - rapports de fréquences - périodes - multipériodes - durées - déphasages en degrés, ou encore comme compteurs/totaleurs - chronomètres - diviseurs de fréquences - standards de fréquences. L'impression des résultats est réalisée par un **ENREGISTREUR BG 310** - B.C.D-1-2-4-8; 12 colonnes; 2 lignes/seconde.



L = 1/2 rack ou rack  
H = 2 unités

...de 4 à 9 chiffres  
significatifs  
du continu à  
280 MHz  
en direct

avenue Paul-Vaillant-Couturier - 78-Trappes - FRANCE  
462.88.88 - Télex: 25705 - Câble: Feritrappes

**GEFFROY & C<sup>ie</sup> - s.a. cap. 10 230 000 F**

Agences Régionales: TOULOUSE - RENNES - LYON  
Bureaux Techniques: MUNICH - MILAN

documentation  
franco



sur  
demande

Service : cercelez le n° 501

tous renseignements complémentaires, utilisez les cartes-réponse O.E. Service

# les poutres soufflantes modulaires SAPRATI

SAPRATIN'S modular blowing beams with laminar no-dust air flow



... à  
flux d'air  
laminaire  
dépoussiéré

## ... permettent, sans perturbations :

*allow without any disturbance :.....*

l'entrée des personnes ■ la maintenance du matériel

■ la modification éventuelle des postes de travail ■

■ la possibilité d'une exploitation de 24 h sur 24 ■

*walk-in — maintenance — possible modification of working areas*

*— full time working possibility —*

Flux laminaire de classe 0-4, avec confort :

- liberté totale de mouvements
- plans de travail exempts de vibrations
- pas de bruit
- beaucoup de lumière

*Laminar, class 100 air-flow, with comfort :*

- easy movements
- vibrationless working areas
- noiseless
- much lighting

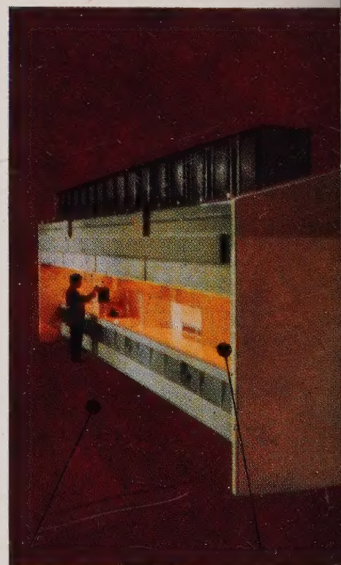
## élimination de la pollution

## implantation aisément transformable

*no pollution - versatile plant.*

working area

maintenance



zone d'opérations

zone de maintenance

documentation complète sur demande

30, RUE RASPAIL - 95, ARGENTEUIL - Tél : 961.59.94 +

**SAPRATI**

ENVIRONNEMENT