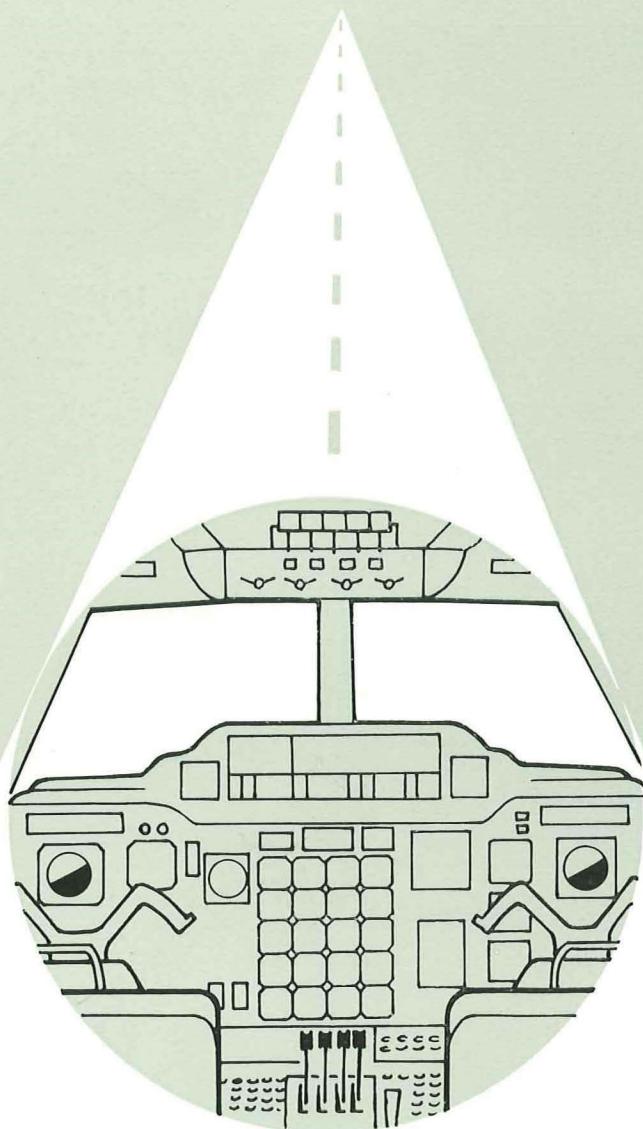


SST Concorde



ELLIOTT

INTRODUCTION

Elliott Brothers (London) Limited have for the past three years been engaged in the design and manufacture of some of the Concorde's most important electronic control systems and engine instruments.

A Automatic Flight Control Systems

- Automatic Pilot
- Flight Director and Take-off Director
- Automatic Throttle
- Electric Trim
- Three Axis Autostabilisation

B Accident Recording

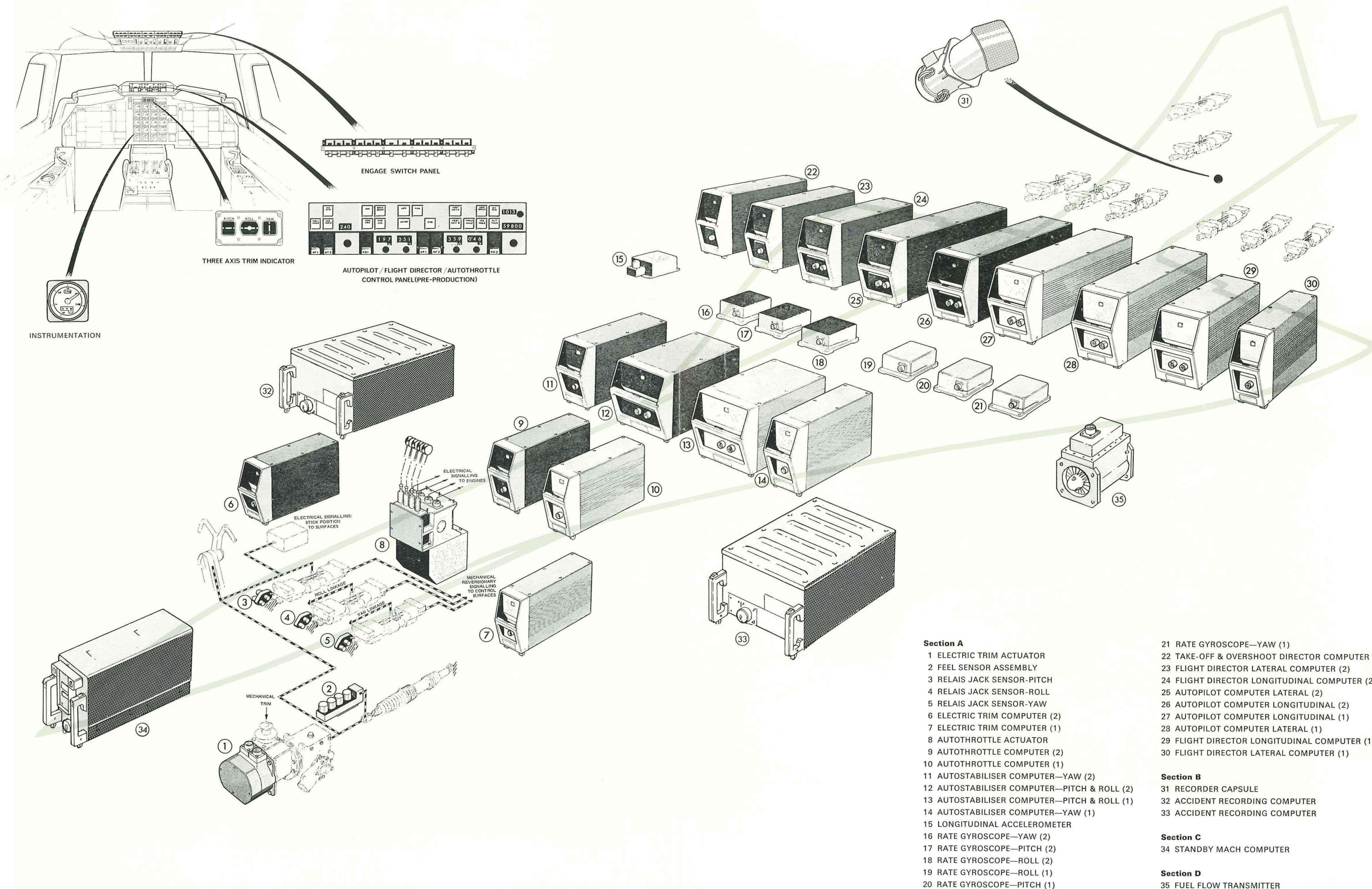
- Recorder and Capsule
- Computer

C Instrumentation

- T4 Temperature Indicator
- High and Low Pressure Compressor Indicator
- Nozzle Area Indicator
- Triplex Mach Unit
- Standby Mach Number Computer
- Dual Speed Magnetic Transducer

D Fuel Flow System

- Transmitter
- Flow Rate Indicator
- Fuel Consumed Indicator
- Total Fuel Remaining Indicator



A AUTOMATIC FLIGHT CONTROL SYSTEMS (AFCS) These have been developed by a Consortium including Société Française d'Équipement pour la Navigation Aérienne (SFENA) and the Navigation and Control Division of the Bendix Corporation, headed by Elliott Brothers as prime contractor.

These AFCS include five major systems:

Automatic Pilot
Flight Director and Take-Off Director Computers
Automatic Throttle
Electric Trim (Pitch Axis only)
Three Axis Autostabilisation.

The latter three systems employ duplicate monitored channel redundancy techniques in order to achieve the specified reliability targets. The Flight Director, which can be supplied in a single or duplicate configuration is partially monitored whilst the Take-off Director is self monitored.

The pilot's control panel for the autopilot/flight director and autothrottle incorporates push button mode selectors and has been specifically designed to satisfy the operational requirements of the Concorde. Identical modes of operation for the autopilot and flight director are selected by the same push buttons on this control panel.

The modes are:

IAS, MACH, Altitude and Vertical Speed Holds, Vertical and Computed Navigation, Height Acquire, Manual, Pitch and Roll Adjustment, Preset/Track Heading, LOC/VOR, Glide Slope Manual, Land and Automatic Overshoot.

The AFCS includes electronic circuitry which forms an interface with a central automatic testing device. In this manner, faulty Line Replaceable Units (LRU) can be quickly located. AUTOMATIC PILOT This is fully fail-operative, comprising duplicate monitored autopilots, with automatic changeover, being compatible with the relevant TSS standards in order to meet the overall safety requirements for automatic landing. It is envisaged that associated with the autopilot will be a Landing Display which incorporates sequence indicators and a dynamic display. The former indicates the serviceability of equipment and provides a sequence of events whilst the latter provides the pilot with information on his position relative to the runway.

TAKE-OFF DIRECTOR This is fully monitored and is integrated with the Flight Director providing control of the aircraft in a pitch axis only during take off and go-around. Azimuth guidance commands are provided by the Lateral Flight Director Computer.

AUTOMATIC THROTTLE The system is designed to provide control of indicated air speed or Mach number together with a means of pre-selecting indicated air speeds on the approach. The system is designed to have the necessary reliability for operation during an automatic landing and comprises two computers and an actuator.

ELECTRIC TRIM The system in the pitch axis provides pilot operated trim command, Mach trim for the transonic flight region and autotrim when the autopilot is engaged. It commands the artificial feel datum position being rate limited and comprises two computers and an actuator.

THREE AXIS AUTOSTABILISATION The system is fed to the control surface electrical signalling amplifiers and elevons and thereby does not cause movement of the pilot's controls. The system comprises six rate gyros, two pitch/roll computers and two yaw computers.

B ELLIOTT RECORDING SYSTEM On the Concorde this collects speech, analogue and digital information from over 300 points for a flight of 12 hours. This information is conditioned and switched in COMPUTERS using the latest integrated circuitry, and is recorded on magnetic tape by the Elliott A.I.R.3 Recorder, which is mounted in a capsule for protection against impact and fire. The CAPSULE is ejected if submerged whereupon it floats and an Elliott radio beacon emits a homing signal.

C INSTRUMENTATION The engine instruments being supplied are:

T4 TEMPERATURE is inferred from Jet Pipe and Engine Air Intake temperatures and presented on a combined computer/indicator with both pointer and digital read-out to an accuracy of $\pm 2^\circ\text{C}$.

HIGH PRESSURE COMPRESSOR and LOW PRESSURE COMPRESSOR Rotational speeds are indicated each on a separate dial which takes the form of a combined computer indicator with both pointer and digital read-out to an accuracy of $\pm 0.2\%$ using the output from the engine mounted pulse probes.

NOZZLE AREA INDICATOR This presents pointer indication of the engine nozzle area to an accuracy of $\pm 1\%$, the input being applied from the engine nozzle pick-off transducer.

TRIPLEX MACH UNIT This indicates aircraft Mach number. The unit comprises three identical servo operated digital counters each with an accuracy of $\pm 0.3\%$ over the entire range of 0 to 2.5 Mach. The two main indications are supplied from the main Air Data Systems, whilst the centre standby indication is supplied from a STANDBY MACH NUMBER COMPUTER which also assists in the control of the engine intake configuration throughout the flight regime.

DUAL SPEED MAGNETIC TRANSDUCER FOLLOW-UP SERVO This provides a means of transmitting angular data with an accuracy of an order better than by conventional methods. Stringent environmental conditions of -40°C to $+65^\circ\text{C}$ can be encountered whilst a system accuracy of 2.5 minutes of arc is achieved with a very good frequency response characteristic.

D FUEL FLOW SYSTEM This comprises a transmitter and complementary indication for measuring the rate of fuel flow, quantity of fuel consumed and the amount of fuel remaining. The flow sensor measures the mass of fuel passing in the line determining the heat content and thus propulsive content.

TRANSMITTER This has an accuracy of better than 1% over a 9:1 flow rate range at $20 \pm 5^\circ\text{C}$ whilst the flow rate indicator has an accuracy of $\pm 0.5\%$ and the fuel consumed indicator $\pm 0.1\%$ of fuel consumed error over 1 hour flight time.

Suppliers for



A Automatic Flight Control System

B Accident Recording

C Instrumentation

D Fuel Flow System

The range of equipment shown overleaf is supported by the Service and Repair Division of Elliott Brothers (London) Limited which includes overhaul, repair, exchange, warranty investigations, spares provisioning, supply of piece parts and spare units, technical training and a complete documentation service.

Field service support will be provided during the introduction of the systems, a qualified engineer being on site for up to six months to advise the operator on setting up of service arrangements and assisting the operator's engineers. When the systems are in regular service, periodic visits will be made by service engineers to give advice and assistance where necessary.



elliott flight automation

Depuis plus de trois ans, Elliott Brothers (London) Limited, poursuit l'étude et la réalisation de certains des plus importants systèmes de commandes électroniques utilisés dans l'avion Concorde, ainsi que des instruments concernant les réacteurs du Concorde.

A LES SYSTEMES AUTOMATIQUES DE COMMANDES DE VOL prévus pour l'avion Concorde ont été étudiés et réalisés par un Consortium constitué par la Société Française d'Équipements pour la Navigation Aérienne (SFENA), la Navigation and Control Division de la Bendix Corporation et Elliott Brothers, qui est le premier contractant désigné.

Ces systèmes automatiques de commandes de vol, ou AFCS, sont constitués par les cinq principaux systèmes suivants :

Pilote automatique

Calculateurs du Directeur de Vol, du Directeur de Décollage

Commande automatique des gaz

Trim électrique (axe de tangage uniquement)

Système autostabilisation 3 axes.

Les trois derniers systèmes utilisent des techniques redondantes telles que des "chaînes" surveillées (monitorées) et doublées. Ces techniques permettent d'atteindre les objectifs imposés par la fiabilité. Le Directeur de Vol, qui peut être fourni dans la version simple ou doublée, n'est que partiellement surveillé ; par contre, le Calculateur de Décollage est auto-surveillé.

Le poste de commande pilote de l'ensemble pilote automatique/directeur de vol et automanette permet la sélection des divers modes par boutons poussoir. Ce poste de commande a été spécialement conçu pour satisfaire aux exigences opérationnelles du Concorde. Les modes de fonctionnement identiques au pilote automatique et au directeur de vol, sont sélectionnés par les mêmes boutons poussoir de ce poste de commande.

Les Modes Sélectés sont les suivants :

Maintien de vitesse aérodynamique (IAS),
Maintien de Mach, Acquisition d'altitude,
Maintien d'altitude et de vitesse verticale,
Navigation verticale et en azimuth, Mode Manuel
Règlage manuel en tangage et roulis, Pré-sélection
CAP/TRACK, LOC/VOR, Glide Manuel, Ap-
proche et Atterrissage automatique. (Remise
automatique de gaz comprise.)

Le système AFCS se compose de circuits électroniques permettant la liaison avec un système central de test automatique, ce qui permet ainsi de déceler rapidement toute faute apparaissant au niveau d'une unité LRU (Line Replaceable Unit).

L'AUTOPILOTE, lors d'une panne, continue à fonctionner grâce à ses deux pilotes automatiques surveillés, avec commutation automatique. De plus, pour satisfaire aux exigences d'un atterrissage automatique, le système autopilote répond aux standards TSS correspondants.

Il est prévu d'utiliser avec l'autopilote un indicateur d'atterrissage ; celui-ci se compose d'indicateurs de séquence et d'une visualisation

en dynamique. Les indicateurs de séquence décrivent les équipements en service, et fournissent la séquence des événements ; la visualisation renseigne le pilote sur la position de l'avion par rapport à la piste.

LE CALCULATEUR DE DECOLLAGE est entièrement surveillé ; il est associé aux Calculateurs du Directeur de vol longitudinal et latéral. Pendant les phases décollage et remise des gaz, le Calculateur du Directeur de vol longitudinal lui fournit les commandes en tangage nécessaires. Les commandes de guidage en azimuth lui en étant fournies par le Calculateur du Directeur de Vol latéral.

LE SYSTEME DE COMMANDE AUTOMATIQUE DES GAZ (Automanette) est conçu pour assurer le contrôle de la vitesse indiquée (IAS) ou le nombre de Mach, et également pour l'approche la possibilité d'une présélection des vitesses d'air indiqué. Le système est conçu pour répondre à la fiabilité requise pour le fonctionnement en atterrissage automatique. Il se compose de deux calculateurs et un double vérin.

LE SYSTEME ELECTRIQUE DE TRIM de profondeur fournit la commande de trim pilote, le Mach trim dans la zone transonique de vol et l'autotrim lorsque le pilote automatique est engagé. Il commande le zéro de sensation artificielle et comporte deux calculateurs et un vérin.

LE SYSTEME D'AUTOSTABILISATION 3 AXES alimente les amplificateurs électriques de puissance des gouvernes, elevons et gouvernail, et ainsi ne provoque pas le déplacement des commandes du pilote. Le système comporte six gyromètres détectant les vitesses angulaires dans les 3 axes (2 gyros par axe), deux calculateurs roulis/tangage et deux calculateurs lacet.

B LE SYSTEME D'ENREGISTREMENT ELLIOTT pour Concorde recueille les dialogues et les informations analogiques et digitales en provenance de plus de 300 points pendant 12 heures de vol. Le traitement et la commutation de cette information s'effectue à l'aide de circuits intégrés les plus récents sur le marché, et son enregistrement est réalisé sur bande magnétique à l'aide du l'Enregistreur Elliott A.I.R.3, dont le montage en capsule assure la protection aux chocs et aux flammes. En cas d'immersion, la CAPSULE est éjectée, flotte et un équipement de radio Elliott émet un signal de repère.

C LA FOURNITURE DES INDICATEURS
des réacteurs est ainsi composée :

LA TEMPERATURE T4 est calculée à partir des températures tuyères et entrée d'air réacteur, et se présente sur un ensemble calculateur/indicateur, à double lecture, aiguille, et digitale, ayant une précision de $\pm 2^\circ\text{C}$.

Les VITESSES DE ROTATION du COMPRESSEUR HAUTE PRESSION et du COMPRESSEUR BASSE PRESSION, sont indiquées sur des cadrans différents ; ceux-ci se présentent sous la forme d'un calculateur et indicateur permettant une double lecture, soit par aiguille, soit en digitale ; la précision obtenue est de $\pm 0.2\%$ par suite de l'utilisation de la sortie du réacteur recueillie sur capteurs à pulsation.

L'INDICATEUR DE CONFIGURATION DE TUYERE fournit une indication par aiguille de la configuration de la tuyère d'un réacteur avec une précision de $\pm 1\%$, obtenue par l'intermédiaire du capteur placé sur la tuyère réacteur.

UN DISPOSITIF TRIPLE DE MACH fournit le nombre de Mach de l'avion. Il se compose de trois compteurs identiques asservis en digital, dont chacun a une précision de 0.3% dans toute la gamme de Mach, de 0 à 2.5 Mach. Les deux indications principales proviennent des Centrales Anémométriques principales, la troisième indication est une indication de secours (standby) provenant du CALCULATEUR SECOURS DE MACH dont la fonction est également de participer à la commande de la configuration d'entrée réacteur au cours du régime de vol.

La Division Elliott Après-Vente fournit l'assistance technique pour tout le matériel Concorde réalisé par Elliott. Cette Division assure l'entretien, les révisions, les réparations, les échanges standards, les recharges, la garantie ; elle fournit les pièces détachées et ensembles de recharges, l'instruction technique ainsi qu'une documentation complète.

LE TRANSMETTEUR D'ASSERVISSEMENT AUTOMATIQUE A DOUBLE VITESSE assure la transmission des données angulaires avec une précision supérieure à celle obtenue par les méthodes classiques.

Malgré les sévères conditions d'environnement de -40°C à $+65^{\circ}\text{C}$. la précision d'arc de $2.5'$ est maintenue et la caractéristique de réponse en références reste très bonne.

D L'ENSEMBLE DE DEBIT-CARBURANT se compose d'un transmetteur et d'une indication complémentaire permettant de mesurer le débit de carburant, la quantité de carburant consommé ainsi que celle restante.

Le capteur de débit mesure la masse de carburant s'écoulant dans les conduites réacteur, ce qui détermine l'énergie calorifique et de là, l'énergie propulsive du carburant.

La précision du TRANSMETTEUR est supérieure à 1% dans toute la gamme d'un débit variant dans un rapport de 1 à 9, à $20 \pm 5^{\circ}\text{C}$; la précision de l'indicateur de débit carburant est de $\pm 0.5\%$, celle de l'indicateur de carburant consommé est de $\pm 0.1\%$ du carburant consommé pendant une durée de vol d'une heure.

Lors de l'introduction d'un système, un détachement de spécialistes peut être fourni, un ingénieur compétent étant détaché sur les lieux pendant un maximum de six mois pour fournir à l'utilisateur tous renseignements concernant les facilités d'exploitation ainsi que des conseils techniques aux ingénieurs. Lorsque le système est entré dans la phase d'utilisation, des visites périodiques sont prévues pour apporter si nécessaire le soutien et l'assistance voulus.

