

B.16

**INSTALLATION D'UN SYSTEME
D'INFORMATIQUE
SUR LE CENTRE DE LA HAGUE***par*

*Robert MIMAUD, Georges MALET,
Francis OLLIVIER, Jean-Claude FABRE,
Philippe VALOIS, Patrick DESGRANGES,
Gilbert ANFOSSI, Michel GENTIZON,
Roger SERPOLLET*

Centre de la Hague

Rapport COGEMA-R-1**1977**

Ea

SERVICE DE DOCUMENTATION

C.E.N. - SACLAY B.P. n° 2, 91 190 - GIF-sur-YVETTE - France

PLAN DE CLASSIFICATION DES RAPPORTS ET BIBLIOGRAPHIES CEA
(Classification du système international de documentation nucléaire SIDON/INIS)

A 11	Physique théorique	C 30	Utilisation des traceurs dans les sciences de la vie
A 12	Physique atomique et moléculaire	C 40	Sciences de la vie : autres études
A 13	Physique de l'état condensé	C 50	Radioprotection et environnement
A 14	Physique des plasmas et réactions thermonucléaires	D 10	Isotopes et sources de rayonnements
A 15	Astrophysique, cosmologie et rayonnements cosmiques	D 20	Applications des isotopes et des rayonnements
A 16	Conversion directe d'énergie	E 11	Thermodynamique et mécanique des fluides
A 17	Physique des basses températures	E 12	Cryogénie
A 20	Physique des hautes énergies	E 13	Installations pilotes et laboratoires
A 30	Physique neutronique et physique nucléaire	E 14	Explosions nucléaires
B 11	Analyse chimique et isotopique	E 15	Installations pour manipulation de matériaux radioactifs
B 12	Chimie minérale, chimie organique et physico-chimie	E 16	Accélérateurs
B 13	Radiochimie et chimie nucléaire	E 17	Essais des matériaux
B 14	Chimie sous rayonnement	E 20	Réacteurs nucléaires (en général)
B 15	Corrosion	E 30	Réacteurs nucléaires (types)
B 16	Traitement du combustible	E 40	Instrumentation
B 21	Métaux et alliages (production et fabrication)	E 50	Effluents et déchets radioactifs
B 22	Métaux et alliages (structure et propriétés physiques)	F 10	Economie
B 23	Céramiques et cermets	F 20	Législation nucléaire
B 24	Matières plastiques et autres matériaux	F 30	Documentation nucléaire
B 25	Effets des rayonnements sur les propriétés physiques des matériaux	F 40	Sauvegarde et contrôle
B 30	Sciences de la terre	F 50	Méthodes mathématiques et codes de calcul
C 10	Action de l'irradiation externe en biologie	F 60	Divers
C 20	Action des radioisotopes et leur cinétique		

Rapport COGEMA-R-1

Cote-matière de ce rapport : B.16

DESCRIPTION-MATIERE (mots clefs extraits du thesaurus SIDON/INIS)

en français

USINES DE RETRAITEMENT DE COMBUSTIBLE
CEA LA HAGUE
SYSTEMES DE MESURE EN LIAISON DIRECTE
SYSTEMES DE SAISIE DES DONNEES
SYSTEMES EN TEMPS REEL
TRAITEMENT DE L'INFORMATION
AUTOMATISATION

en anglais

FJEL REPROCESSING PLANTS
CEA LA HAGUE
ON LINE MEASUREMENT SYSTEMS
DATA ACQUISITION SYSTEMS
REAL TIME SYSTEMS
DATA PROCESSING
AUTOMATION

- Rapport COGEMA-R-1 -

Centre de la Hague
Services Techniques

INSTALLATION D'UN SYSTEME D'INFORMATIQUE
SUR LE CENTRE DE LA HAGUE

par

Robert MIMAUD, Georges MALET, Francis OLLIVIER
Commissariat à l'Energie Atomique

Jean-Claude FABRE, Philippe VALOIS, Patrick DESGRANGES
Compagnie Internationale de Services en Informatique

Gilbert ANFOSSI, Michel GENTIZON, Roger SERPOLLET
Télémechanique

Janvier 1977

COGEMA-R-1 - MIMAUD Robert, MALET Georges, OLLIVIER Francis,
FABRE Jean-Claude, VALOIS Philippe, DESGRANGES Patrick,
ANFOSSI Gilbert, GENTIZON Michel, SERPOLLET Roger

INSTALLATION D'UN SYSTEME D'INFORMATIQUE SUR LE CENTRE DE LA HAGUE

Sommaire.- L'usine U.P.2, installée au Centre de LA HAGUE, a pour mission essentielle le retraitement des combustibles irradiés provenant : *sous forme métallique* : de la filière graphite-gaz, *sous forme oxyde* : des filières eau ordinaire, eau lourde, surgénérateurs. Dans chacune des cinq grandes unités nucléaires, le traitement numérique des mesures était assuré jusqu'en 1974 par des processeurs CAE 3030. Ces matériels, mis en service en 1964/65 relevaient d'une technologie ancienne et n'offraient plus une sécurité suffisante sur le plan de la fiabilité. Dans la période 1974-75, un système moderne d'Informatique Industrielle a été mis en service. Ce système, doté de matériels T 2000/20 de la société Télémeçanique, se compose de : *Cinq chaînes de mesure* (pour un total de 1500 voies traitées), *Deux unités centrales* : Le couplage *Matériel et Logiciel* de ces deux unités permet le passage en *Automatique* de l'une à l'autre. Le système assure : *Actuellement* : le traitement des mesures, surveillances de seuils, alarmes, asservissements, *sorties visualisation* et journaux ; les calculs spécifiques relatifs au Procédé (bilans, etc).

./.

COGEMA-R-1 - MIMAUD Robert, MALET Georges, OLLIVIER Francis,
FABRE Jean-Claude, VALOIS Philippe, DESGRANGES Patrick,
ANFOSSI Gilbert, GENTIZON Michel, SERPOLLET Roger

INSTALLATION OF AN INFORMATICS SYSTEM ON THE LA HAGUE CENTRE

Summary.- The U.P.2 plant, built at the LA HAGUE Centre, is intended mainly for the reprocessing of spent fuels coming from : as metal : graphite-gas reactors, as oxide : light-water, heavy-water and breeder reactors. In each of the five large nuclear units the digital processing of measurements was dealt with until 1974 by CAE 3030 data processors. This equipment, brought into service in 1964/65 and the product of early technology, was no longer sufficiently reliable. During the period 1974-1975 a modern Industrial Informatics system was set up. This system, equipped with T 2000/20 material from the Télémeçanique company, consists of : five measurement acquisition devices (for a total of 1500 lines processed) and two central processing units (CPU). The connection of these two PCU (Hardware and Software) enables an automatic connection of the system either on the first CPU or on the second one. The system covers : at present : data processing, threshold monitoring, alarm systems, control, visualisation on display console and periodical listing of the measures : specific calculations concerning the process (balances etc). At a later stage : automatic piloting of certain units of the Process.

./.

INTRODUCTION

L'usine UP 2, installée au Centre de La Hague, a pour mission essentielle le retraitement des combustibles irradiés provenant :

- sous forme métallique : de la filière graphite-gaz ;
- sous forme oxyde : des filières eau ordinaire, eau lourde, surgénérateurs.

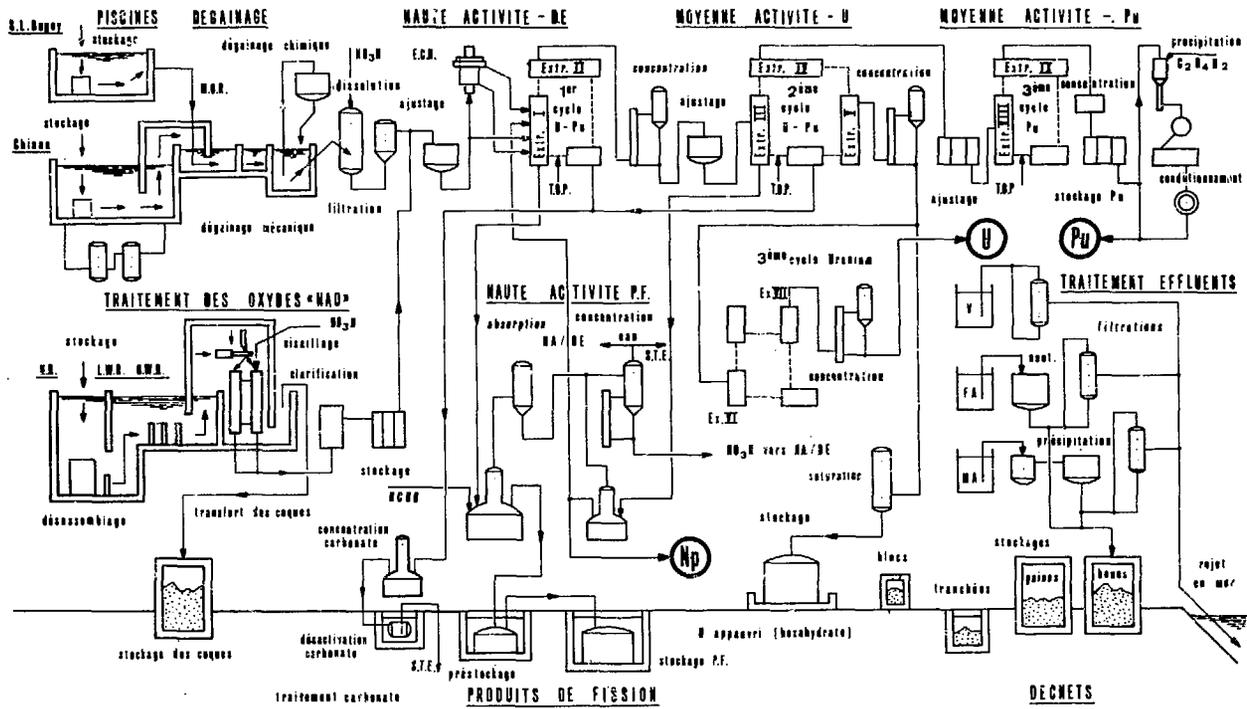
Le procédé de traitement mis en oeuvre à UP 2 comme dans les autres grandes usines de retraitement est basé sur une succession de séparations par voie aqueuse utilisant les techniques d'extraction par solvant, pour isoler séparément l'uranium, le plutonium, les produits de fission et les éléments transuraniens.

Pour réaliser ceci, l'usine est divisée en ateliers chargés chacun d'une mission particulière. Un schéma général de l'installation montre les différentes missions dévolues à ces ateliers (fig. 1).

Dans chaque grande unité nucléaire, le traitement numérique des mesures du Procédé est assuré jusqu'à ce jour par des processeurs de données CAE 3030. Ces processeurs, mis en service en 64/65, relèvent d'une technologie ancienne (première génération) ; de plus, la construction de ce matériel a été rapidement et complètement abandonnée par la CII. De ce fait, le constructeur ne fournit plus depuis plusieurs années, les composants de rechange indispensables à la maintenance de ce matériel. Enfin, la capacité d'entrée, portée à son maximum, ne permet pas la prise en charge des unités nouvelles imposées par le traitement des oxydes.

Sur le plan sécurité, de tels processeurs n'ont plus, à l'heure actuelle, une fiabilité suffisante et ne permettent pas l'établissement des bilans procédé à partir des mesures effectuées en temps réel.

Les responsables des Services de Production ont donc été amenés à envisager la mise en place entre 74 et 76 de systèmes industriels modernes de traitement de l'Information en remplacement des processeurs 3030.



V: Effluents usagers - FA: Effluents faible activité - MA: Effluents moyenne activité

Fig. 1 Schéma de principe d'UP2

Chapitre I

FONCTIONS ET MISSIONS DU SYSTEME INFORMATIQUE D'UP 2.

Pour exploiter en toute sécurité un procédé, il est nécessaire de disposer tout au long du traitement d'un réseau très développé d'appareils de mesure reflétant à tout moment l'état du système. De ce fait, les informations et mesures nécessaires à la conduite des opérations de traitement des combustibles irradiés sont :

- nombreuses
- stables en quantité dans le temps
- dispersées
- peu répétitives
- très diversifiées de nature : mesures classiques rencontrées dans l'industrie chimique et mesures nucléaires.

Un système informatique doit donc assurer les fonctions suivantes :

I.1. TRAITEMENT NUMERIQUE DES MESURES (Data logging)

Ce traitement comprend essentiellement :

- La scrutation et la conversion en grandeur physique (l/h, °C, l, ...) de 1500 voies analogiques réparties dans les cinq ateliers suivants : Haute Activité Oxyde (HAO), Haute Activité Dissolution Extraction (HA/DE) ; Haute Activité Produits de Fission (HA/PF) ; Moyenne Activité Uranium (MAU) et Moyenne Activité Plutonium (MAPu).
- La comparaison éventuelle de ces mesures à des seuils de dépassement haut ou bas avec alarme correspondante.
- L'impression du "Journal de bord" périodiquement.
- La visualisation au choix des mesures sur un écran de visualisation.

I.2. DIALOGUE HOMME-MACHINE.

Ce dialogue est nécessaire de façon à pouvoir modifier certains seuils ou certains paramètres, changer les voies à visualiser, demander l'impression des voies d'une unité ...

I.3. CALCULS SPECIFIQUES.

Imposés par des consignes de criticité ou par des contrôles de matière résiduelle dans des déchets, ces calculs doivent pouvoir être effectués en "temps réel" par le calculateur.

I.4. CONDUITE AUTOMATIQUE.

Nous entendons par là uniquement conduite automatique des asservissements d'organes commandés, des démarrages ou arrêts séquentiels d'unités ou partie d'unité, des pilotages de points de consigne des chaînes analogiques de régulation.

Chapitre II

CHOIX DE LA CONFIGURATION.

Plusieurs solutions correspondant à des configurations et des architectures Informatique différentes ont été étudiées pour réaliser les missions définies ci-dessus : (Fig. 2)

SOLUTION 1

Mise en place dans chaque grande unité nucléaire (HAO - HA - PF - MAU - MAPu) d'un ordinateur autonome assurant en totalité, pour son unité, les missions de data logging, de conduite automatique et de calculs spécifiques (bilans, hold-up, etc ...).

SOLUTION 2

Mise en place dans chaque grande unité nucléaire d'un mini ordinateur assurant en autonome, pour son unité, la mission de data logging. Ces mini ordinateurs sont reliés à un maître ordinateur chargé d'assurer la conduite automatique et les calculs spécifiques pour l'ensemble des unités nucléaires. La reprise en secours d'un des mini ordinateurs par ce maître ordinateur peut être envisagée.

SOLUTION 3

Dans les cinq unités nucléaires sont implantées les unités d'entrées sorties industrielles (UESI). Ces cinq UESI sont reliées à un système centralisé doté de deux unités de traitement strictement identiques.

La première unité centrale (UC 1) assure la totalité du data logging pour les cinq unités nucléaires. La deuxième unité centrale (UC 2) assure les missions de calculs et de conduite automatique.

Le "data logging" est constamment assuré par l'une ou l'autre des unités centrales. En cas de défaillance d'UC 1, UC 2 reprend immédiatement le traitement des mesures. Le couplage matériel et logiciel des deux unités centrales permet le passage en "Automatique" de l'une à l'autre.

SOLUTION 4

Mise en place de trois ordinateurs connectés aux unités nucléaires suivant un plan fonctionnel et d'après leur situation géographique :

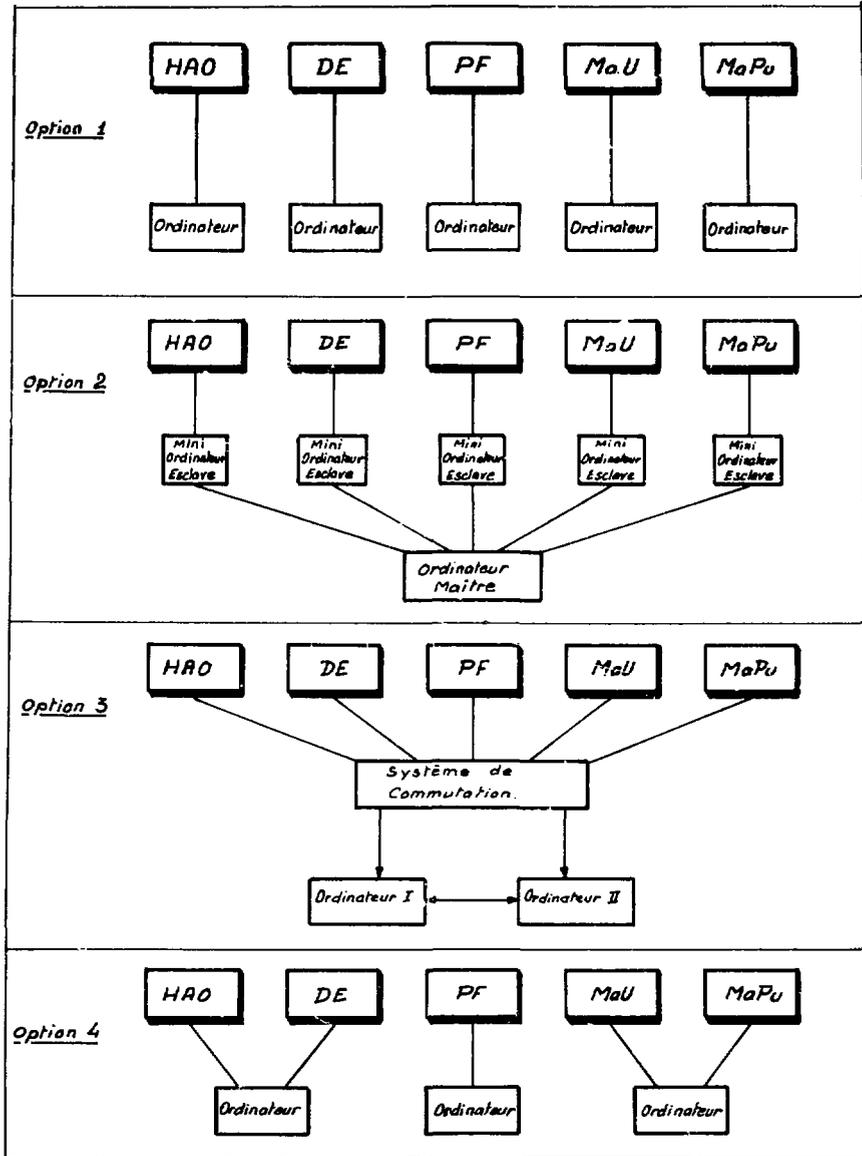


Fig. 2 Différentes configurations étudiées.

Système n° 1

- Ensemble UESI HAO
- Ensemble UESI HA
- Une unité ordinateur commune à ces deux ensembles.

Système n° 2

- Ensemble UESI MAU
- Ensemble UESI MAPu
- Une unité ordinateur commune à ces deux ensembles.

Système n° 3

- PF : Ensemble UESI et ordinateur autonome.

Ces quatre configurations sont illustrées sur la figure 2. Ce projet a été soumis au Groupe d'Etudes "Traitement des Informations Procédé dans les usines de retraitement" qui a examiné les avantages et les inconvénients techniques et financiers de ces quatre solutions (Tableau 1).

Tableau 1

Comparaison des différentes configurations.

Systèmes	Avantages	Inconvénients
OPTION 1 Cinq calculateurs autonomes	<ul style="list-style-type: none"> - Calculateur à la disposition directe des exploitants. - Pas de liaisons à moyenne ou longue distance. - Mémoire active et mémoire support allégées. - Software industriel directement adaptable (vrai que pour Télé mécanique). 	<ul style="list-style-type: none"> - Prix élevé - Redondance des unités centrales. - Pas de possibilité de <u>reprise en secours</u> en cas d'arrêt technique ou de défaillance du calculateur, arrêt de l'unité nucléaire considérée. - Liaisons à longue distance et Software spécifique si possibilité dialogue entre calculateur (asservissements, calculs, bilans, etc ..).
OPTION 2 Mini calculateurs plus maître calculateur	<ul style="list-style-type: none"> - Data logging directement accessible aux exploitants. - <u>Réprise en secours</u> d'un mini calculateur par le maître calculateur, pas d'arrêt de l'unité nucléaire. 	<ul style="list-style-type: none"> - Prix <u>très</u> élevé pour l'instant. - Liaison à longue distance. - Software spécifique au niveau du maître calculateur.
OPTION 3 Système centralisé à deux calculateurs	<ul style="list-style-type: none"> - Rapport prix/performance très bon. - Souplesse d'exploitation. - <u>Réprise en secours</u> immédiate, <u>pas d'arrêt</u> des unités nucléaires - Meilleure garantie de sécurité. 	<ul style="list-style-type: none"> - Liaisons à moyenne et longue distance (maintenant résolu par les constructeurs par utilisation de liaisons "opto-électroniques"). - Software spécifique.
OPTION 4 Système regroupé à trois calculateurs	<ul style="list-style-type: none"> - Prix moins élevé (le plus bas des quatre configurations). - Mémoire active et mémoire support allégées. - Adaptation directe du Software industriel. 	<ul style="list-style-type: none"> - Liaison à moyenne distance. - Pas de possibilité de <u>reprise en secours</u>. En cas d'arrêt d'un calculateur, arrêt de deux unités nucléaires.

Compte tenu de la date de réalisation, c'est la solution n° 3 qui a reçu l'accord du groupe de travail pour ses avantages certains en matière de disponibilité et de sécurité du système.

Il n'empêche que le système n° 2 (1 ordinateur maître et des ordinateurs esclaves) offre les mêmes qualités de disponibilité et de sécurité tout en offrant une plus grande souplesse d'exploitation. Cette solution qui n'était guère possible à l'époque, essentiellement à cause de son coût élevé, est réalisable maintenant grâce à l'apparition des micro-ordinateurs liée à l'évolution rapide des technologies utilisées par la construction des matériels Informatique.

Chapitre III

CHOIX DU CONSTRUCTEUR.

Un cahier des charges basé sur les données énoncées ci-dessus a été établi par la section Contrôle-Informatique d'UP 2. Une consultation a été faite auprès de trois constructeurs : IBM, CII, TELEMECANIQUE.

Le matériel TELEMECANIQUE T 2000/20 a été finalement retenu suivant les critères suivants :

- Parfaite adaptation aux tâches d'Informatique Industrielle.
- Haute fiabilité.
- Expérience très favorable sur ce matériel.

(Un T 2000 a été installé dans une unité du Centre de la Hague - AT 1 - en 1972).

- Prix de revient du système compatible avec les possibilités financières prévues par les responsables.

Chapitre IV

LE MATERIEL.

IV.1. GENERALITES SUR LA CONFIGURATION DU MATERIEL.

Le système à mettre en oeuvre pour le contrôle de l'usine UP 2 devait répondre aux impératifs suivants :

- . disponibilité opérationnelle maximale ;
- . possibilité de mise en service des ateliers sans perturber le fonctionnement des ensembles déjà opérationnels, la réalisation devant être étalée sur trois ans ;
- . intégration ultérieure des fonctions de régulation sans arrêter les tâches d'acquisition et de traitement des mesures.

Ces impératifs auxquels s'ajoutent évidemment les contraintes de coût optimum ont abouti aux choix précités (solution 3). Sur le plan matériel, on avait donc à réaliser :

- une liaison entre calculateurs pour permettre les échanges dans un double but : reprise en secours et régulation.
- une fonction acquisition et traitement de mesures identiques sur les deux calculateurs.
- une fonction reprise en secours. Toute indisponibilité de l'unité centrale N° 1 (défaut de fonctionnement, panne, arrêt technique) est indiqué à UC2 qui doit, ayant reconnu un ordre de reprise en secours :
 - . abandonner une partie des tâches en cours (régulation) et en avertir les opérateurs ;
 - . commander la commutation des périphériques de data-logging sur son système d'entrées-sorties ;
 - . charger à partir de son disque le programme de data-logging avec les dernières valeurs en cours ;
 - . réinitialiser les programmes et les périphériques de data-logging ;
 - . relancer la fonction data-logging.

Fonction régulation

UC1 transmet périodiquement à UC2 les mesures et notamment celles qui sont nécessaires à la fonction conduite automatique.

Ces fonctions permettront de déterminer, à partir des algorithmes de régulation, les actions à effectuer sur le process.

Cette architecture du système impose donc que les périphériques propres à la fonction data-logging soient commutables d'une unité centrale sur l'autre.

Ces périphériques sont de deux types :

Périphériques Temps réel : [- chaînes de mesure
- entrées et sorties numériques (alarmes)

Périphériques conventionnels
d'édition et dialogue opérateur : [- téléimprimeur
- console de visualisation
- imprimante

IV.2. CARACTERISTIQUES DE LA CONFIGURATION MATERIEL RETENUE :

IV.2.1. Choix de la configuration (figs 3 et 4).

La configuration comporte deux unités centrales T 2000 - 20 comprenant chacune :

. une unité de traitement (56 instructions de base, opérateur câblé pour multiplication et division incluses, pupitre opérateur, 8 niveaux de priorité) ;

. protection contre les défauts secteur et redémarrage automatique, détection de défaut de parité mémoire et chien de garde, protection mémoire et arrêt sur instruction ;

. une mémoire vive de 32 Kmots de 20 bits (19 bits d'information et 1 bit de parité) ;

. une mémoire de masse, disque à têtes fixes de 256 K mots de 20 bits (temps d'accès moyen 10 msec) connecté en accès direct mémoire cadence d'échange 25 Kmots/seconde.

Les deux configurations sont identiques afin de rendre les programmes indépendants de l'unité centrale sur laquelle ils fonctionnent (mêmes adresses de coupleurs et niveaux de priorité). Seuls les périphériques nécessaires à la conduite automatique sont propres au système d'entrées sorties d'UC2 et couplés en permanence sur celui-ci.

Les niveaux prioritaires utilisés sont les suivants :

- Pour UC1 et UC2 : N.P.
- 1 Alarmes internes
 - 2 Disque géré en mode canal à accès direct mémoire
 - 3 Couplage des deux unités centrales coupleur géré en mode canal
 - 4 Bac d'entrées-sorties coupleurs de commande de commutation sur UC2 et périphériques conventionnels affectés à chaque calculateur
 - 5 Bac d'entrées-sorties : coupleurs chaînes de mesure et entrées numériques
 - 6 Bac d'entrées-sorties
Coupleurs périphériques conventionnels Process
Coupleurs sorties numériques data-logging
Coupleurs entrées-sorties multiplexées de conduite automatique

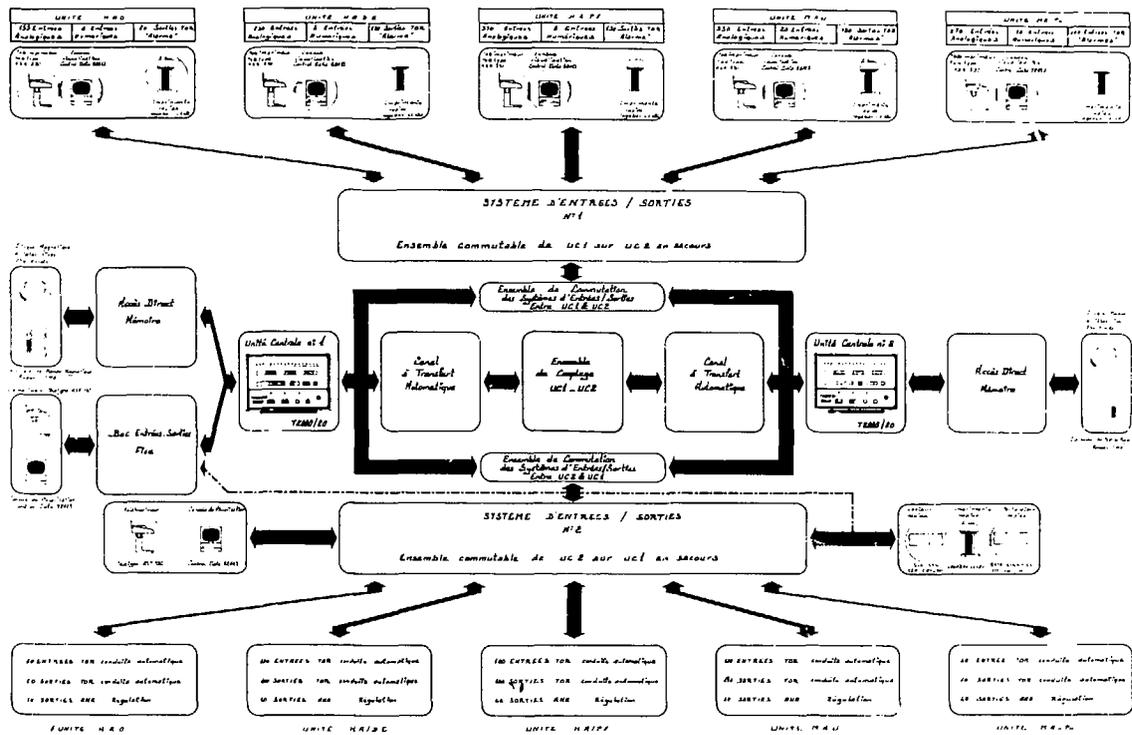


Fig.3 - SYNOPTIQUE GENERAL DE L'INSTALLATION

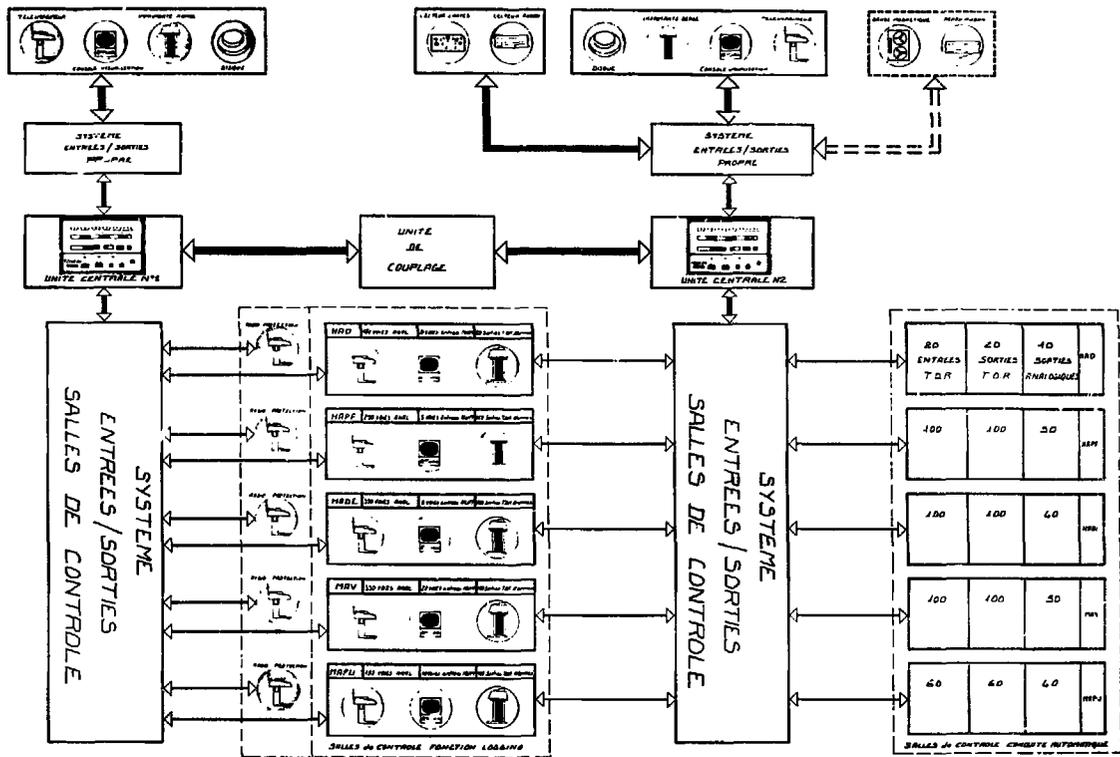


Fig.4 - SYNOPTIQUE GENERAL DE L'INSTALLATION

8 Bac d'entrées-sorties

Coupleurs de commande de stations de transfert fonction conduite automatique.

Les deux unités centrales UC1 et UC2 sont couplées au moyen d'un coupleur spécifique permettant des échanges en mode canal (cadence jusqu'à 50 Kmots/sec). Ce coupleur dispose d'un isolement galvanique et comporte un auto-contrôle permettant de détecter une anomalie dans les échanges (contrôle de parité - chien de garde).

Le couplage est bidirectionnel à l'alternat : la procédure d'échange s'effectue en deux temps :

- . Echange préalable : transfert d'un code fonction pour initialiser l'échange, analyse de ce paramètre et réponse à la demande d'échange.
- . Echange proprement dit.

Le système comporte d'autre part :

a) - Les périphériques data-logging des cinq ateliers (ces périphériques sont commutables sur l'une ou l'autre des unités centrales). On trouve par atelier :

- une chaîne de mesures
- un multiplexeur d'entrées numériques
- un multiplexeur de sorties tout ou rien (alarmes)
- un téléimprimeur
- une imprimante
- une console de visualisation.

b) - Les périphériques nécessaires à la conduite automatique, lorsque cette fonction sera implémentée. Ces périphériques ne sont connectés que sur UC2 : entrées et sorties numériques et commandes de stations de Transfert.

c) - Les périphériques non commutables et connectés en permanence sur leur unité centrale respective :

- . Périphériques de dialogue opérateur au niveau central :
 - imprimante
 - console de visualisation
 - téléimprimeur de service.

. Périphériques non commutables installés dans chaque atelier et fournissant les journaux propres à la fonction radio-protection :

- un téléimprimeur par atelier

. Périphériques de type centre de calcul connectés sur UC2 :

- lecteur rapide de ruban
- lecteur de cartes perforées.

IV.2.2. Choix des périphériques Process.

Les périphériques permettant d'assurer la fonction data-logging sont de deux types : Périphériques Temps réel : acquisition de mesures et d'informations Tout ou rien sorties d'a. rms.

Périphériques conventionnels éditions et dialogue opérateur.

Le choix de ces périphériques a été fait en tenant compte des différents critères ci-dessous :

- . Sécurité de fonctionnement dans un environnement industriel (isolement électrique, auto-contrôle ...).
- . Possibilité de connexion à distance : minimiser le coût de câbles et de leur installation entre les ateliers et la salle calculateurs (distances de 300 à 400 m).
- . Possibilité de commutation sur un système d'entrées-sorties ou un autre.
- . Fiabilité élevée pour un coût donné - Rapport fiabilité/coût le plus grand possible.
- . Identité des périphériques par atelier et possibilité d'installation progressive sans perturber le fonctionnement des autres ateliers déjà opérationnels.

Périphériques Temps réel.

Les informations à prendre en compte sont réparties dans les cinq ateliers suivant le tableau récapitulatif ci-après :

		H.A.O.	HA/DE	HA/PP	MAU	MAPu	Total général
FONCTION DATA-LOGGING (UC1)	Entrées analogiques	180	290	390	350	180	1390
	Entrées numériques 1 entrée = 25 bits	8	5	5	20	10	48
SORTIES ALARME (UC1)	Sorties alarme	20	150	150	150	100	570
CONDUITE AUTOMATIQUE (UC2) (à installer ultérieurement)	Entrées T.O.R.	20	100	100	100	60	380
	Sorties T.O.R.	20	100	100	100	60	380
	Sorties analogiques	10	50	40	50	40	190

Les informations seront regroupées dans chaque atelier et prises en compte par :

- une chaîne de mesures
- un multiplexeur d'entrées numériques
- un multiplexeur de sorties Tout ou rien.

Ces périphériques sont installés dans la salle de contrôle de chaque atelier et connectés à distance au système d'entrées-sorties des calculateurs.

Chaînes de mesures.

Il s'agit de chaînes haut et bas niveau (10 mV à 10 V)

- . Commutation par relais
- . Cadence 60 V/sec par chaîne
- . Gain programmable
- . Résolution ± 8192 points (13 b + S)
- . Tension de mode commun maxi : 150 V continu ou crête alternatif
- . Taux de rejection ≥ 120 dB

. Précision 0.10^{-4} de la mesure = 2 digits.

La capacité de chaque chaîne est fonction de l'atelier équipé (voir tableau récapitulatif page 15).

Les chaînes de mesures sont reliées aux systèmes d'entrées-sorties par l'intermédiaire de dispositifs de liaison série parallèle avec découplage opto-électronique. La liaison est réalisée au moyen d'un câble multipaires. Ce dispositif comporte des circuits d'auto-surveillance (chien de garde, parité ...) qui alertent le système d'interruption en cas de défaillance dans la liaison.

Entrées numériques : Acquisition matricielle d'informations Tout ou rien
Filtrage et auto-contrôle de bon fonctionnement
(présence Tension, une seule ligne sélectionnée).

Les matrices sont raccordées aux systèmes d'entrées-sorties par l'intermédiaire d'un câble multipaires connecté sur le coupleur de commande des lignes et d'acquisition des informations. Ce coupleur est séparé galvaniquement de la matrice proprement dite.

Sorties Tout ou rien.

Elles se font au moyen d'un dispositif analogue à celui des entrées numériques : commande matricielle de relais.

La mémorisation des ordres est assurée par des relais bistables - isolement galvanique entre le coupleur et la matrice. Liaison par câble multipaires.

Auto-contrôle de bon fonctionnement (présence Tension, ligne sélectionnée).

Périphériques conventionnels.

L'objectif de disponibilité opérationnelle a été obtenu grâce à un choix de ces périphériques en fonction de critères de qualité et de fiabilité et surtout au niveau logiciel par l'affectation pour une même tâche de plusieurs périphériques se reprenant en secours les uns après les autres en cas de défaillance.

Les périphériques concernés sont, par salle de contrôle :

- un téléimprimeur Télétype KSR 390
- une imprimante Tally T 2100 (125 lignes/minute 132 caractères/ligne)
- une console de visualisation ADDS Consul 880 (24 lignes de 80 caractères).

Ces périphériques sont raccordés aux systèmes d'entrées-sorties par des coupleurs série asynchrone multiplexés.

La transmission est réalisée soit en simple courant (0,20 mA) soit par modem (pour les imprimantes) afin d'assurer les mêmes conditions de sécurité et isolement électrique que pour les périphériques temps réel.

IV.3. COMMUTATION DES PERIPHERIQUES PROCESS.

Comme indiqué ci-dessus l'architecture du système impose que lors d'une défaillance de UC1 on puisse commuter les périphériques de data-logging sur UC2.

IV.3.1. Choix du principe de commutation.

Il avait été envisagé de réaliser une commutation du bus d'entrées-sorties de façon à rendre un bloc d'entrées-sorties accessible par l'une ou l'autre des uni-

tés centrales. La pré-étude de ce mode de commutation a fait apparaître les inconvénients suivants :

- . faible niveau de sécurité : en cas de défaillance du commutateur, l'ensemble des périphériques connectés seraient immobilisés ;
 - . difficulté de dépannage : une intervention sur le commutateur peut avoir une répercussion sur le fonctionnement des unités centrales ;
 - . difficultés de mise en service progressif des ateliers sans influencer sur le fonctionnement normal des ateliers déjà en exploitation ;
 - . utilisation de composants "d'avant garde" (opto-électroniques rapides ...)
- dont le niveau de qualité fiabilité n'est pas encore éprouvé ni reconnu avec certitude ;
- . difficulté d'évolution du système et notamment lors de l'adjonction éventuelle des fonctions de conduite automatique.

Ces inconvénients nous ont amenés à adopter une solution avec commutation séparée et indépendante de chaque périphérique : au niveau le plus près du périphérique c'est-à-dire au niveau où le débit des informations est le plus faible et la vitesse des signaux la plus lente : cette solution permet d'utiliser un commutateur à relais.

Moyennant des précautions quant au choix du relais ce dernier présente par rapport à des circuits statiques l'avantage de l'isolement galvanique (séparation électrique complète entre les deux systèmes d'entrées-sorties).

IV.3.2. Principe du commutateur (Fig. 5).

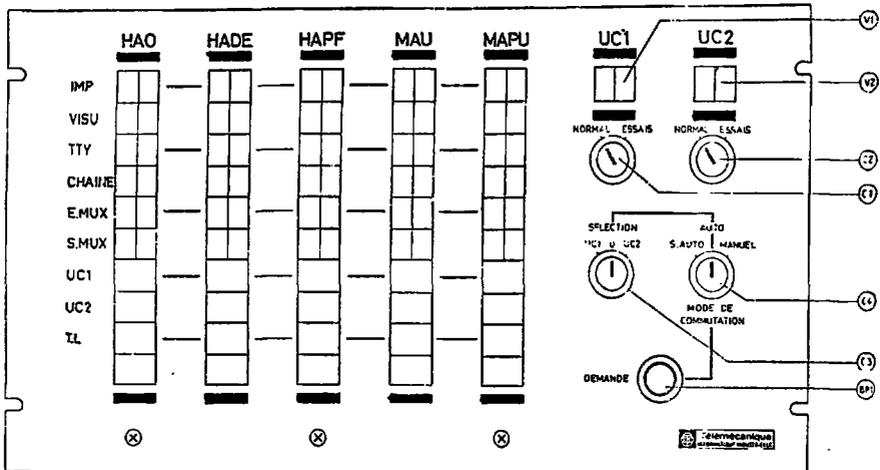


Fig.5 - PLATINE DE COMMANDE COMMUTATION

Le commutateur est réalisé à partir de relais bistables contacts or l'alimentation électrique du commutateur est séparée et indépendante des autres alimentations.

Ce commutateur est commandé :

- . soit par une sortie du calculateur UC2 lorsqu'il a détecté un mauvais fonctionnement de UC1 ;
- . soit par une commande manuelle de l'opérateur par l'intermédiaire d'un pupitre de commutation.

A chaque relais correspond un périphérique commutable. Des contacts de ces relais sont utilisés :

- soit directement pour la commutation : c'est le cas pour les périphériques conventionnels et les multiplexeurs d'entrées et sorties numériques ;
- soit indirectement pour la commande d'un aiguillage statique pour les chaînes de mesure ;
- pour fournir des compte rendus à UC1 et UC2 sur l'état dans lequel se trouve le périphérique (connecté sur UC1 ou UC2) ;
- pour visualiser ces états sur le pupitre de commutation.

IV.3.3. Fonctionnement.

Trois modes de commutation sont possibles :

- . AUTOMATIQUE : UC2 détecte une défaillance de UC1 et commande la commutation.
- . SEMI-AUTOMATIQUE : l'opérateur par l'intermédiaire du pupitre de commutation demande à UC2 la commutation d'un ou plusieurs périphériques.
- . MANUELLE : l'opérateur par l'intermédiaire du pupitre de commutation commutue un ou plusieurs périphériques sur UC1 ou UC2 et ceci indépendamment des calculateurs.

Commutation automatique

Les défauts suivants de UC1

- alarmes internes
- état calculateur
- disque
- canal
- couplage
- chaîne de mesures

ainsi que la demande de l'opérateur pour effectuer la maintenance par exemple (position AUTO, sens de commutation et demande de commutation) provoquent un appel sur le système prioritaire de UC2. Cette interruption sera reconnue comme demande de commutation et traitée en conséquence par le logiciel : commande de commutation général de tous les périphériques "data-logging" de UC1 vers UC2.

La visualisation sur le pupitre indique l'état de connexion des périphériques.

Commutation semi-automatique

L'initiative de la demande de commutation est alors laissée à l'opérateur (il sélectionne sur la platine le (ou les) périphérique(s) et le sens dans lequel

il veut le(s) commuter) mais l'exécution est laissée à l'initiative du logiciel de UC2.

Commutation manuelle

Dans ce mode de fonctionnement les ordres de l'opérateur exprimés sur le pupitre de commutation sont effectués directement sur le commutateur sans intervention des calculateurs.

Chapitre V

LE LOGICIEL

Un cahier des charges rédigé par nos soins, en nous servant de l'expérience acquise lors de la mise en service d'AT 1, basé sur une extension des possibilités de COPRES-MESURE a été fourni à la CISI en janvier 1973. Bien que assez complet dès le départ, notamment en ce qui concernait le nombre de voies à acquérir, les cadences de scrutation ..., il n'en reste pas moins vrai qu'il comportait pas mal d'oubli ou de modification, mais qui n'ont jamais remis en cause la philosophie du logiciel.

V.1. GENERALITES.

Le système informatique a été conçu en tenant compte des impératifs suivants :

- disponibilité maximale, facilité de mise au point et de maintenance ;
- mise en service successive des ateliers sans perturbation de l'ensemble déjà opérationnel ;
- adjonction éventuelle d'un système de régulation, intégration de ce dernier sans gêner l'aide au contrôle.

V.1.1. Aide au contrôle.

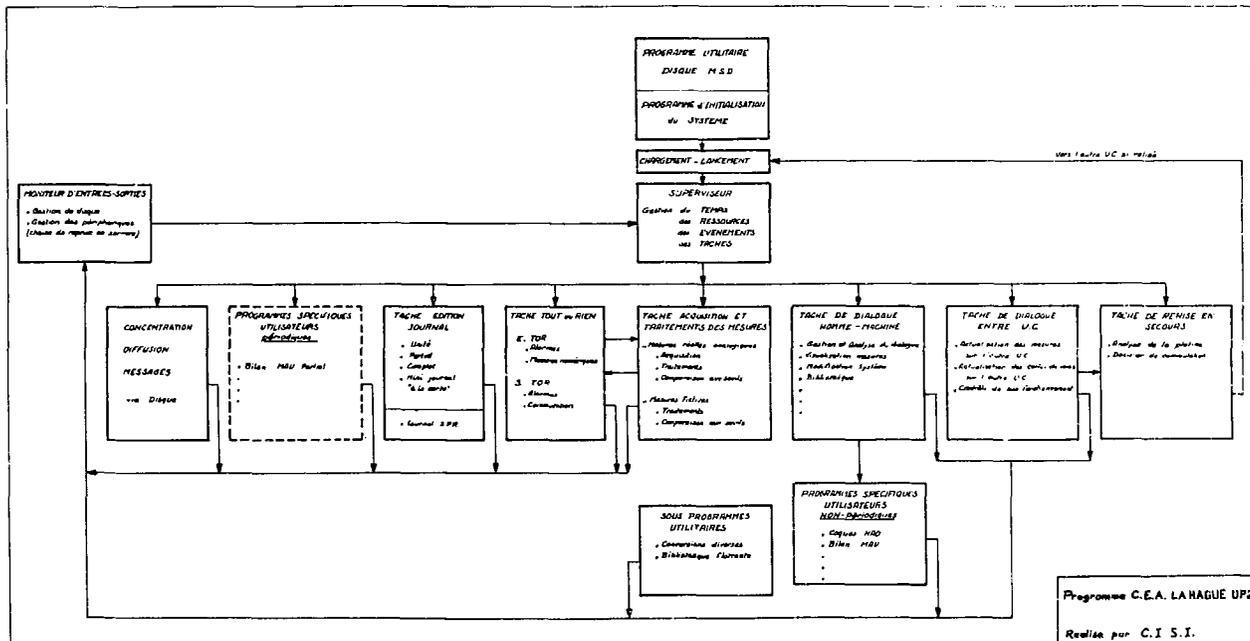
Le contrôle d'un procédé par ordinateur est réalisé par l'intermédiaire d'un dialogue continu avec l'environnement. Le calculateur acquiert l'information :

- soit directement liée au procédé, il s'agit alors de mesures analogiques ou numériques ;
- soit en provenance d'un opérateur intervenant pour modifier des paramètres tels que : valeurs de seuils de surveillance, mise en scrutation d'une mesure, visualisations ...

L'information est synthétisée et restituée sous différentes formes.

Etant donné le caractère aléatoire et/ou séquentiel de l'échange des informations et la disparité des performances entre périphériques et Unité Centrale, la fonction globale d'aide au contrôle du procédé est assumée par une trentaine de tâches se synchronisant entre elles par l'intermédiaire d'événements, de ressources et de délais.

L'architecture du système est fournie page suivante.



V.1.2. Disponibilité.

Les facilités offertes par le Logiciel pour diagnostiquer et s'affranchir autant que possible des pannes de matériel et de logiciel, concourent à optimiser la disponibilité du système.

Les Entrées/Sorties sont classées en fonctions logiques (par exemple l'édition des journaux). A chacune de ces fonctions on associe un ensemble de périphériques, l'échange est assuré tant qu'un élément de cet ensemble est opérationnel.

Une décision de fonctionnement dégradé est prise lorsqu'une fonction logique ne peut plus être assurée. En outre, à chaque détection d'anomalie, un message avertit l'opérateur dans la salle calculateur de la nature et de la source du défaut. Ces diagnostics diminuent considérablement les temps de maintenance.

Les défauts les plus fréquemment rencontrés dans un programme, se traduisent par un mauvais paramétrage des Entrées/Sorties ou par des instructions illégales déclenchant une alarme calculateur. Un message prévient alors l'opérateur de la nature et de l'adresse du défaut ; la fonction de reprise en secours est envisagée et si elle est réalisée, la tâche incriminée est mise à jour.

V.1.3. Mise en service des ateliers.

La structure du T 2000 permet la réentrance simple de programmes ayant le même bloc instruction et travaillant sur des blocs opérands différents. Le système a été conçu de telle sorte que les seules adjonctions nécessaires pour la mise en service d'un nouvel atelier se réduisent à la mise à jour des données qui lui sont spécifiques.

En cas d'information erronée conduisant à une panne du Logiciel, l'unité centrale de reprise en secours est alertée et démarre sur la version antérieure réputée valide, ce qui permet un fonctionnement continu de l'ensemble déjà opérationnel.

V.1.4. Intégration de la régulation.

Aucune modification sur le Logiciel d'aide au contrôle ne sera nécessaire pour implanter le système de régulation. En effet, dès maintenant le dialogue entre les deux calculateurs véhicule toutes les informations nécessaires. Il sera possible en invalidant la fonction de reprise en secours de tester les fonctions de régulation sans perturber le système d'acquisition de données.

Les paragraphes ci-dessous détaillent certaines particularités du système actuellement mis en place.

V.2. GESTION DES TACHES.

Outre les tâches directement liées à un niveau d'interruption que nous désignons par tâches immédiates, le moniteur réalisé permet :

- La manipulation des 54 tâches différées hiérarchisées. Chacune d'elle peut être déclenchée périodiquement, mise en attente pendant un temps pré-déterminé évalué en dixièmes de seconde, activée par une autre tâche ou par l'opérateur.

Leur priorité est définie une fois pour toute. En règle générale, le fonctionnement global du système est amélioré en rendant prioritaires celles qui effectuent les Entrées/Sorties.

- L'allocation de 35 ressources ;
- La gestion de 65 événements, chacun d'eux pouvant être déclenché sur un pré-temps exprimé en seconde ;
- La gestion des 26 périphériques conventionnels, de 5 chaînes analogiques, d'Entrées/Sorties tout ou rien.

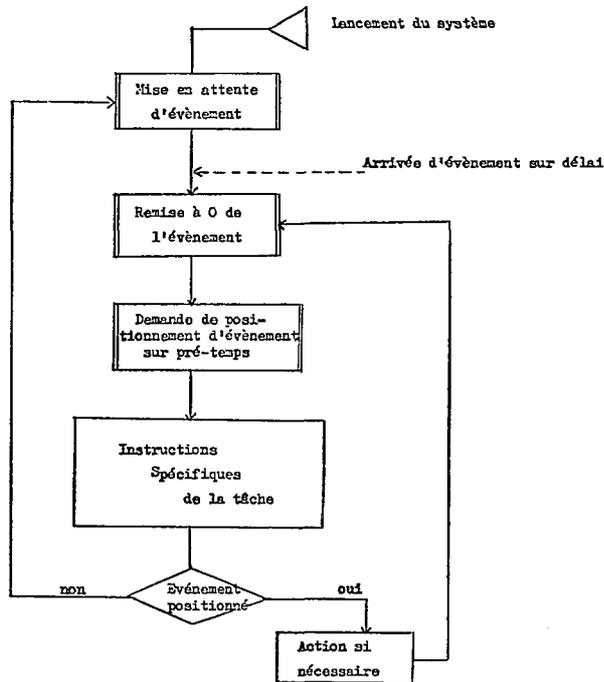
A titre indicatif,

L'encombrement du moniteur est de 4 Kmots de 19 bits y compris les tables et les modules d'échanges des périphériques.

Le temps nécessaire pour sauvegarder le contexte d'une tâche interrompue et restituer celui d'une tâche à relancer s'élève à 90 μ s pour une tâche immédiate, 260 μ s pour la tâche différée la moins prioritaire.

Le temps moyen d'exécution de l'instruction T 2000 s'évalue à 5 μ s.

L'acquisition des informations, la visualisation des mesures, l'examen des buffers ainsi que les autres fonctions de nature périodique sont synchronisées par des événements déclenchés sur délai préfixé. Une telle organisation permet, le cas échéant, de détecter les périodes de saturation du système et de les résorber éventuellement par glissements successifs dans le temps.



Organisation des tâches de caractère périodique.

V.3. GESTION DES ENTREES-SORTIES.

Les tâches concernées par les transferts d'information contrôlent les différentes étapes nécessaires à la gestion des échanges. Ces derniers sont regroupés en 42 fonctions logiques telles que :

- Edition des messages opérateur d'un atelier,
- Edition des journaux d'un atelier,
- Visualisation des mesures d'un atelier,
- Entrée du bibliothécaire,
- Entrée du dialogue opérateur d'un atelier ...

A chaque fonction logique est associé un sous-ensemble ordonné de périphériques susceptibles de l'assumer.

A chaque périphérique est associé un numéro physique, connu du moniteur d'Entrée/Sortie, ainsi qu'un numéro de ressource.

L'utilisateur dispose de trois programmes dont le rôle est décrit succinctement ci-après :

Recherche de périphérique :

A partir du numéro de fonction logique, ce programme fournit à la tâche appelante :

- soit un numéro de périphérique opérationnel et la ressource associée
- soit une indication d'impossibilité.

Initialisation et entretien :

Ce programme vérifie les paramètres transmis, refuse ou initialise le transfert, l'entretien et positionne un événement lorsque celui-ci est terminé.

L'utilisateur peut demander l'activation de cet événement sur délai préfixé afin de contrôler et diagnostiquer les défauts d'interruption.

Analyse de compte rendu :

Le compte rendu de l'échange fourni par le programme précédent est analysé, en cas d'ennui un message caractéristique est fourni :

- Au niveau de l'atelier concerné,
- Au niveau de la salle calculateur.

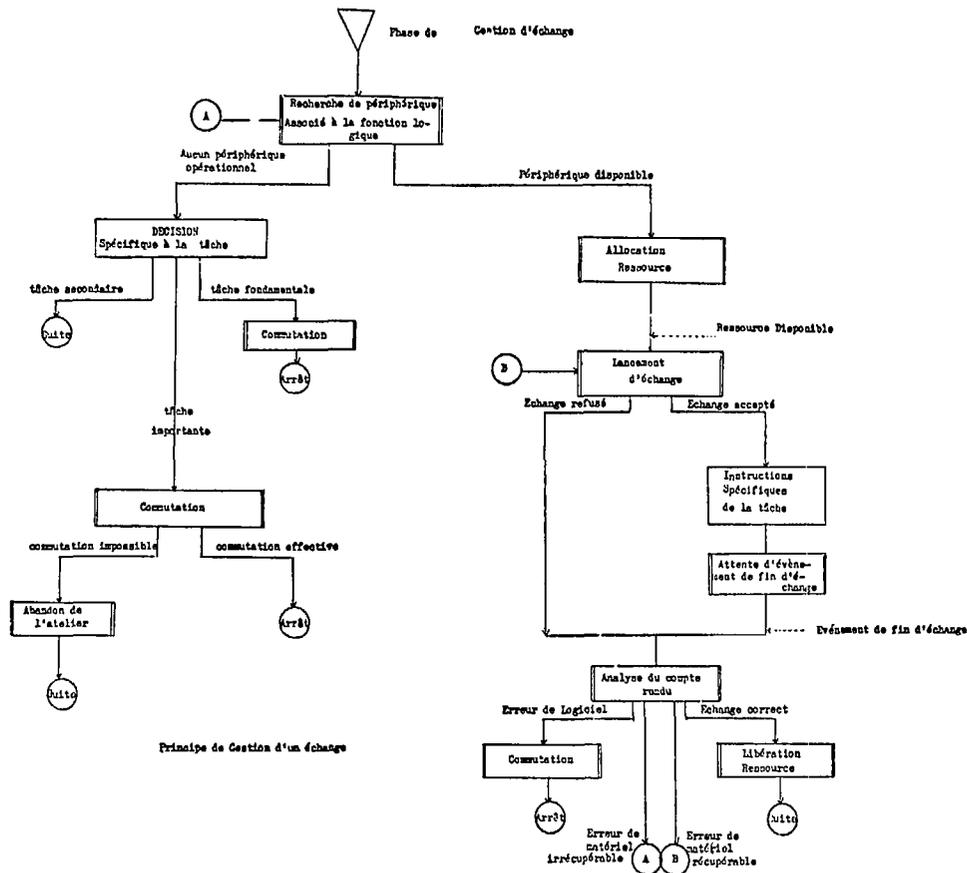
La tâche utilisatrice a l'initiative de la décision à prendre, compte tenu de sa propre importance et de celle du défaut repéré.

La mise au point du système a été facilitée par le diagnostic d'erreurs de logiciel telles que :

- Lancement d'échange sur périphérique occupé,
- Périphérique inexistant,
- Sortie impossible sur périphérique connecté en entrée ...

Bien que cette structure complique l'écriture des tâches gérant les périphériques, elle aboutit en contre partie :

- à une simplification des contrôles du moniteur et par conséquent à un accroissement des performances du système,
- à une grande souplesse quant aux décisions à prendre en cas d'anomalie, compte tenu de la tâche concernée,
- à une certaine maîtrise de l'occupation du périphérique et de l'entrelacement des messages grâce à la gestion explicite de la ressource associée.



Le disque est le périphérique vital du système, son traitement se distingue de celui des autres unités. Afin d'éviter l'utilisation d'une ressource, coûteuse en temps et ne permettant pas de pondérer la priorité des tâches, les demandes d'accès peuvent être prioritaires ou non et sont mémorisées dans deux files d'attente de 8 et 16 éléments.

Tout défaut du matériel ou du logiciel Disque est directement analysé par le système et lui est fatal si la commutation est impossible.

La seule initiative laissée aux tâches appelantes est le nombre de tentatives effectuées en cas de saturation des files d'attente ainsi que les délais qui les séparent.

V.4. GESTION DES INFORMATIONS DU PROCÉDE.

On traite trois types d'informations liées directement ou non au procédé :

- Les Entrées/Sorties tout ou rien,
- Les mesures analogiques ou mesures réelles,
- Les grandeurs calculées à partir des précédentes ou mesures fictives.

V.4.1. Entrées Sorties tout ou rien :

Ces échanges sont assumés par deux tâches de nature périodique comportant des tests cycliques de bon fonctionnement. Les programmes concernés par ces informations n'accèdent qu'à la mémoire calculateur par l'intermédiaire de fonctions du superviseur.

Ces données sont principalement destinées :

- à l'édition de messages sur modification d'état,
- au choix de paramètres pour le calcul de mesures réelles ou fictives,
- au déclenchement d'alarmes sonores ou lumineuses.

V.4.2. Mesures réelles :

Les renseignements permettant l'acquisition et le traitement des mesures sont rassemblés dans des fichiers caractéristiques de la fréquence d'acquisition.

Les traitements effectués sont du type comparaison aux seuils, calculs de température, de débits, puissances.

Les fonctions de conversion sont établies de façon à fournir comme résultat un pourcentage de la valeur physique. Les éléments appelés "valeurs normalisées" résident en mémoire et sont constamment disponibles pour les tâches d'édition, de visualisation ...

Une simple règle de trois sur les extréma de la mesure permet de fournir une représentation en grandeur physique avec quatre chiffres significatifs.

A l'exception des traitements des mesures de radio protection, tous les calculs sont effectués en virgule fixe.

Les fichiers sont stockés sur disque et (lorsque éventuellement nécessaire) subdivisés en sous-fichiers. Pour des périodicités de 5, 10, 20, 60 et 120 sec. la prise en compte des mesures réelles peut être décrite en 24 cycles élémentaires de 5 sec ; au cours de chacun d'eux on analyse au plus trois sous-fichiers.

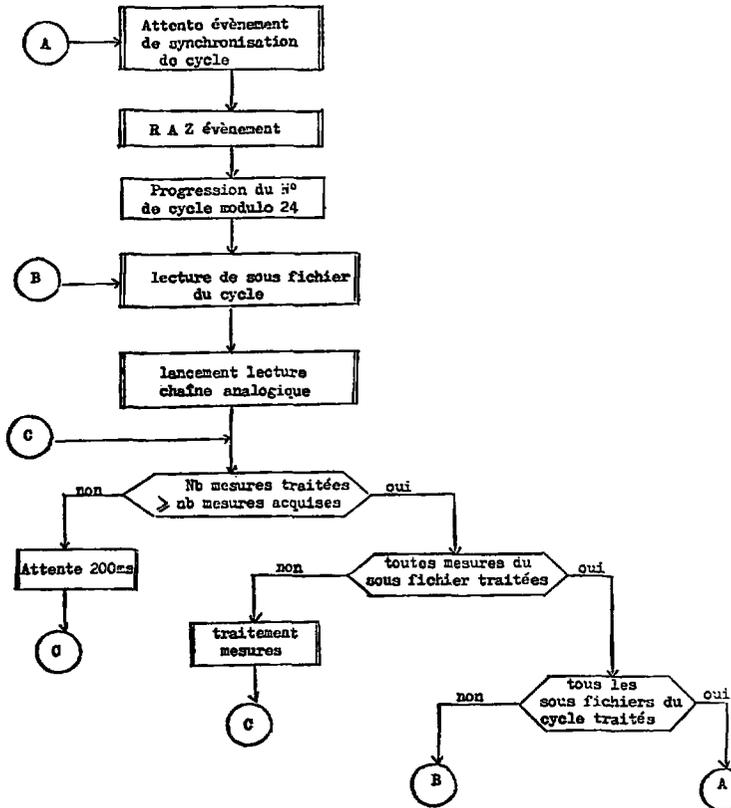
L'acquisition et le traitement des mesures d'un sous-fichier donné sont entrelacés, la tâche correspondante étant mise en attente lorsque le nombre des mesures traitées est égal à celui des informations acquises. La demande d'acquisition

de la première grandeur est à la charge de la tâche concernée, l'entretien et la progression dans le sous-fichier sont gérés par le module de traitement de l'interruption de la chaîne analogique. Le séquençement des cycles est synchronisé par un événement positionné périodiquement par le moniteur.

V.4.3. Mesures fictives :

Le principe de gestion diffère peu de celui des mesures réelles. Il y a cependant absence de la phase d'acquisition et nécessité de réaliser une partie des calculs en virgule flottante..

L'utilisation d'un accumulateur flottant par page T 2000 permet de rendre ces opérations réentrantes pour les différents ateliers.



Principe de l'acquisition et du traitement des mesures réelles.

V.5. GESTION DES MESSAGES.

Un système de concentration - diffusion permet à chaque tâche d'émettre des messages sans se préoccuper de la gestion du périphérique concerné. Les informations sont compactées en fonction de la nature du texte et contiennent en particulier l'atelier destinataire. Un sous-programme moniteur place ces descriptifs dans deux tables utilisées en bascule, leur contenu est rangé sur disque soit périodiquement, soit quand elles sont pleines.

A chaque atelier est associé un programme périodique qui extrait les informations du disque, filtre les messages qui lui sont destinés, effectue la mise en forme du texte et lance l'édition.

V.6. DIALOGUE OPERATEUR.

Six consoles de visualisation ou télétypes fonctionnant en full duplex permettent aux opérateurs de dialoguer avec le système. Le langage est décrit selon une structure de graphe et implanté en overlay. Outre le gain de place en mémoire centrale, cette méthode permet d'enrichir le dialogue à volonté.

Les fonctions disponibles sont très variées et permettent d'accéder à tous les paramètres du système. Elles comportent par exemple :

- la visualisation de mesures ;
- la mise en/hors scrutation d'une voie ;
- la mise en/hors surveillance d'une voie, c'est-à-dire la validation des comparaisons aux seuils ;
- la modification de l'adresse physique du capteur de la voie ;
- la modification des seuils ;
- la modification de tout paramètre servant au calcul de la mesure ;
- la validation ou inhibition d'un journal périodique complet, partiel ou succinct ;
- la modification de la périodicité et de la composition du journal minimum ;
- la demande d'édition du journal complet ou de parties de celui-ci ;
- l'échange de messages d'un poste de travail à l'autre ;
- la demande d'exécution d'un programme bibliothèque ;
- le chargement, le remplacement ou la destruction d'un segment de programme en bibliothèque ;
- la demande d'activation d'une tâche ;
- la connection ou déconnection logique des différents périphériques ;
- l'activation ou la désactivation des différents ateliers ;
- ...

Ces commandes sont contrôlées, les interférences entre ateliers filtrées. Toutes les modifications de paramètres concernant les voies de mesures sont reportées sur télétype, certaines d'entre elles ne peuvent être émises que de la salle calculateur et ne sont effectives qu'après accusé de réception de l'atelier concerné. Dans le même esprit, des programmes bibliothèque peuvent être réservés à la salle calculateur.

V.7. DIALOGUE ENTRE UNITES CENTRALES.

Les deux calculateurs du système ont un rôle dissymétrique rappelé dans le tableau ci-dessous :

UC 1	UC 2	
. acquisition et traitement des informations procédé	non opérationnel	Fonctionnement autonome
. acquisition et traitement des informations procédé . reprise en secours validée . dialogue entre unités centrales validé	. Fonction d'acquisition ou de régulation . reprise en secours validée . dialogue entre unités centrales validé	Fonctionnement Tandem normal
non opérationnel	. acquisition et traitement des informations procédé . reprise en secours validée . dialogue entre unités centrales validé	Fonctionnement autonome Prêt à passer en Tandem sur sollicitation de UC 1

La liaison entre les unités centrales permet l'échange bi-directionnel de mots de synchronisation et de table de données.

Dans le cas du fonctionnement en mode Tandem on transfère périodiquement sur UC 2 :

- les valeurs normalisées, exploitables pour la régulation ;
- les fichiers de traitement des mesures puisque leur contenu peut être, par exemple, modifié par l'opérateur. En cas de reprise en secours UC 2 manipule un fichier dont la dernière mise à jour ne date pas de plus de 20 minutes.

Dans le cas d'un fonctionnement autonome sur UC 2 on peut obtenir au moment du démarrage de UC 1 par un dialogue préliminaire, le transfert de ces fichiers sur UC 1 et la connexion automatique des ateliers dont on désire assumer l'acquisition.

L'échange des mots de contrôle permet, d'une part de synchroniser et surveiller le bon déroulement des transferts, d'autre part de détecter certaines anomalies de fonctionnement des unités centrales.

Il n'y a pas de calculateur maître, l'initiative du dialogue est laissée au dernier qui est mis en marche.

V.8. REPRISE EN SECOURS.

V.8.1. Généralités.

La reprise en secours justifie l'organisation autour de deux unités centrales couplées et permet d'obtenir un système à haute disponibilité quant à la

fonction de Data logging.

UC 2 possédant seule les dispositifs matériels permettant de connecter automatiquement sur elle-même ou sur UC 1 les périphériques standards et industriels, cette dissymétrie transparait sur l'organisation fonctionnelle du logiciel de chaque calculateur.

Le disque UC 1 possède deux versions de "Data Logging" :

- une version V_1^1 opérationnelle ou en cours de test
- une version V_1^2 réputée opérationnelle.

Le disque UC 2 possède deux versions :

- une version V_2^1 momentanément identique à V_2^2 qui sera ultérieurement remplacée par le système de régulation ;
- une version de data logging V_2^2 réputée opérationnelle.

Dans le cas normal de fonctionnement, le dialogue entre unité centrale est validé ainsi que la reprise en secours et chaque calculateur travaille sur la version V_1^1

En cas de défaillance de UC 1

- UC 2 est alertée ; la version V_2^1 abandonnée
- la version V_2^2 chargée automatiquement
- UC 2 redémarre en prenant à sa charge les ateliers qui figurent dans une liste fournie au moment de la mise en service de la version V_2^1
- en cas de bon fonctionnement UC 2 prévient UC 1 qui peut alors passer à l'arrêt. Le temps de réponse toléré par UC 1 est inférieur à 10 sec.
(Dans la pratique, UC 2 prévient UC 1 en moins de 6 sec.).

Si UC2 ne répond pas dans le temps imparti UC 1 juge UC 2 non opérationnel et il s'ensuit sur UC 1 un fonctionnement dégradé ou un arrêt du système, fonction de l'incident. La décision est prise au niveau de la tâche utilisatrice sauf en cas de défaillance du disque.

V.8.2. Critères de reprise en secours.

Une reprise en secours peut avoir lieu :

V.8.2.1. A la demande de UC 1 : toute panne de logiciel ou de matériel détectée par UC 1 se concrétise par l'appel d'un programme système qui vérifie :

- . que la reprise en secours a été validée par l'opérateur ;
- . que les unités centrales travaillent en mode automatique et que UC 2

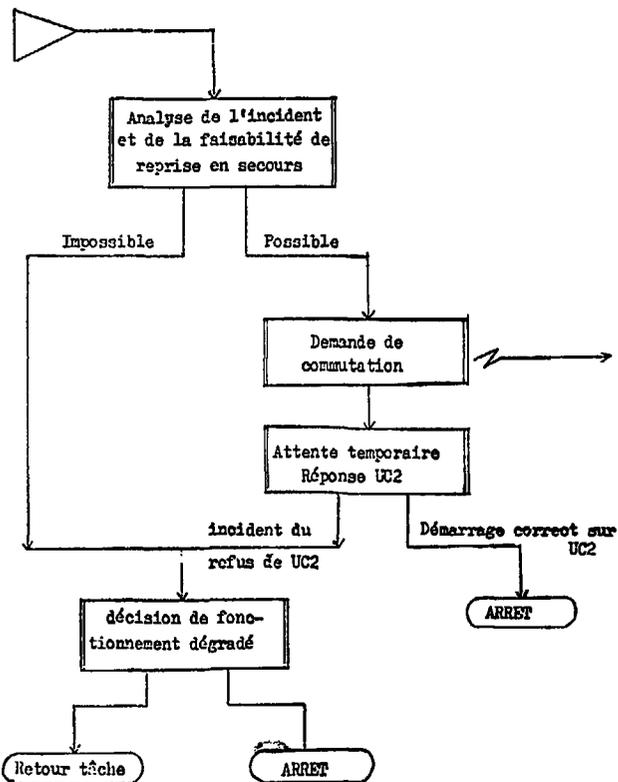
est en fonctionnement.

Lorsque c'est le cas, UC 2 est alertée et UC 1 attend la réponse de cette dernière.

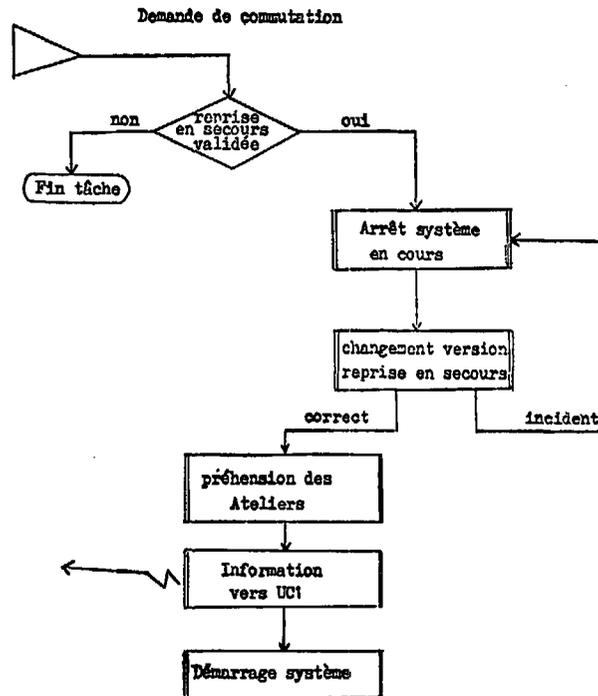
Si la reprise en secours est impossible, tout se passe comme si UC 2 ne se manifestait pas dans le délai de 10 sec.

Afin de minimiser le nombre de commutations, la reprise en secours n'est demandé par UC 1 que dans la mesure où une fonction vitale du système ne peut plus être assumée.

UC1



UC2



Organisation fonctionnelle de la reprise en secours.

Des défauts tels que :

- . erreur de programmation ;
- . chaîne analogique hors service ;
- . entrées/sorties tout ou rien hors service ;
- . plus de périphériques disponibles pour assumer un échange logique (message d'erreur, journal ...) ;
- . disque en panne,

conduisent à une demande de commutation explicite.

Dans d'autres cas, on accepte un fonctionnement dégradé. Par exemple,
- un défaut télétype entraîne l'édition automatique des messages sur l'imprimante,
- une panne de visualisation autorise l'entrée des messages de dialogue sur la télétype et l'édition périodique d'un journal de 8 mesures dont la composition peut être modifiée à tout instant.

V.8.2.2. A l'insu de UC 1 :

Lorsque UC 2 détecte une anomalie au niveau de UC 1, il y a chargement automatique de la version V_2^2 et préhension des périphériques associés aux ateliers à reprendre en secours.

Les principales anomalies détectées par UC 2 sont les suivantes :

- UC 1 passant de l'état marche à l'état arrêt ;
- UC 1 hors tension ;
- Absence d'émission des valeurs normalisées ou de portion de fichier de Data Logging lorsque ces options sont validées.

V.8.3. Démarrage de UC 1.

Après toute intervention sur UC 1 au moment du lancement de la version V_1^1 , un dialogue opérateur préliminaire permet, par l'intermédiaire de la liaison entre unités centrales, de remettre à jour les fichiers et de reprendre les ateliers que l'on veut reconnecter sur cette dernière.

Un redémarrage manuel de UC 2 permet alors de réinitialiser la régulation.

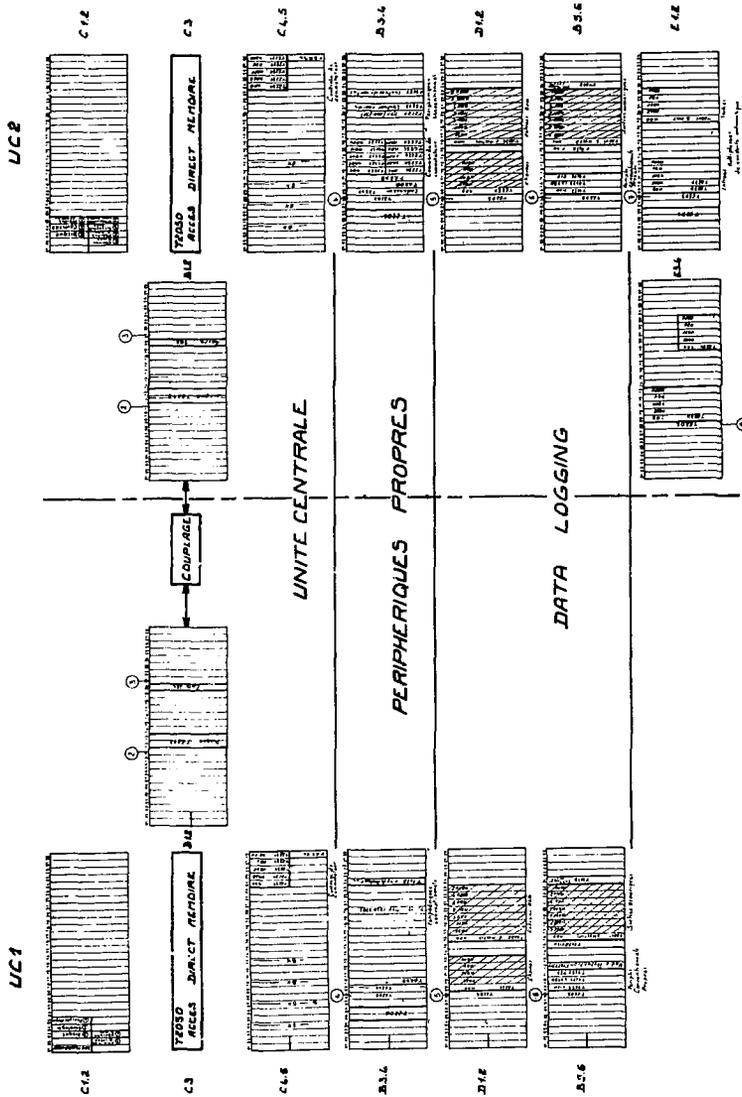


Fig.6 - IMPLANTATION GENERALE DES BACS

Chapitre VI

LA REALISATION.

VI.1. LA COORDINATION ET LE PLANNING DE REALISATION.

La date de mise en service des installations du HAO devait avoir lieu initialement pour le 1er juin 1974. Un planning de réalisation avait donc été établi à rebours à partir de cette date ce qui imposait que le matériel soit livré courant janvier 1974 et que la mise au point du logiciel démarre au plus tard le 15 mars.

Pour tenir ces échéances qui imposaient des marges de manoeuvre très serrées, il avait été convenu que des réunions de coordination CEA-TE-CISI auraient lieu périodiquement de façon à disposer des informations au fur et à mesure de la réalisation les équipements spécifiques (programmation des coupleurs multiplexés, des entrées/sorties décentralisées, du couplage ordinateur, de la commutation ...).

Ces réunions programmées eurent lieu au début à Paris puis ensuite à Echirrolles, car nous disposions ainsi sur place des spécialistes mettant au point le système projeté. Elles se sont déroulées en parfaite collaboration et sont certainement une des raisons du bon aboutissement de la réalisation.

On trouvera ci-après le planning de la réalisation des travaux. On notera un glissement d'environ deux à trois mois par rapport aux dates initiales, mais ceci a été fait en accord avec l'utilisateur futur (le S.C.U. pour le H.A.O.) et ont été bénéfiques pour le système (vieillesse des composants, tenue en température, tests d'endurance du logiciel, ...).

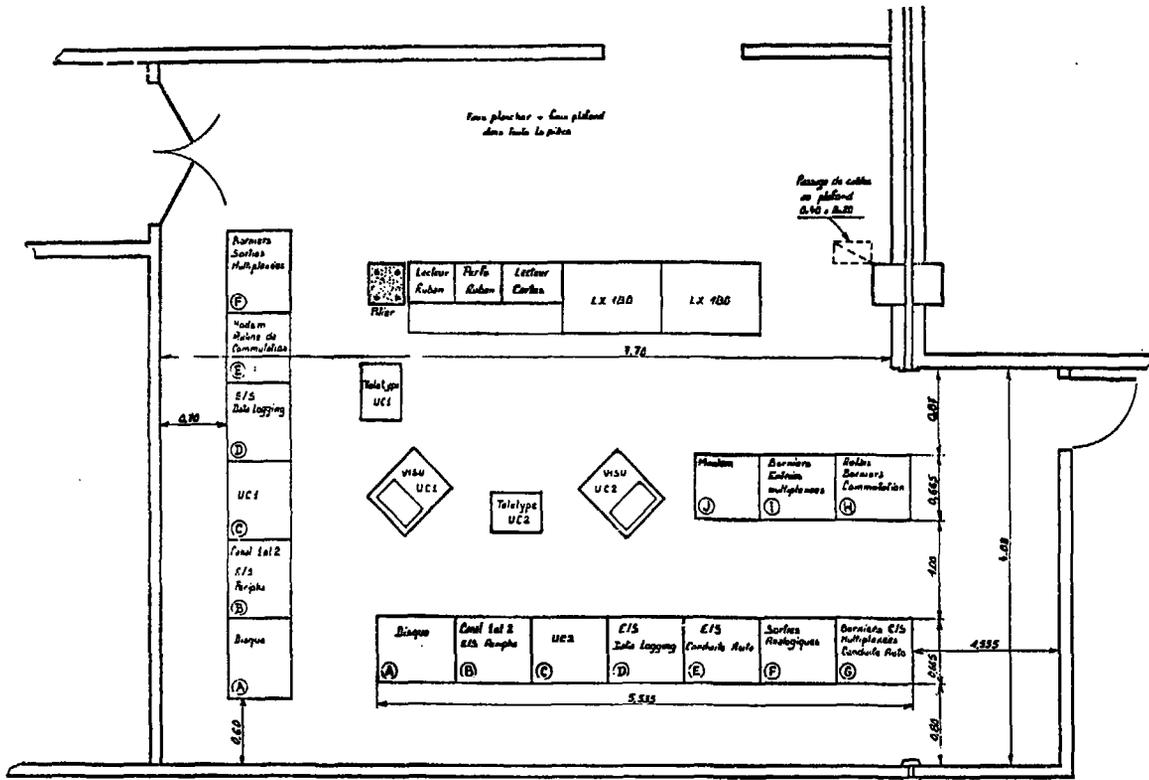
VI.2. TESTS TEMPS REEL DE LA CONFIGURATION.

Compte tenu : - de la complexité de la configuration matériel,
- de la nouveauté de certains problèmes (commutation, couplage, utilisation de nouveau matériel)

Télémechanique avait proposé au CEA de réaliser un jeu d'essais logiciel permettant de simuler aussi simplement que possible le fonctionnement réel, en exploitation, du matériel. Le CEA a fourni les différents éléments d'analyse des fonctions du système pour la réalisation d'essais.

PLANNING DE REALISATION

71	Début d'étude du projet	
72	6.1 Avant projet - Note technique N° 1	
10.6	Lancement appel d'offres TE, CII, IBM	1.6 Demande d'assistance technique CISI
15.9	Réponses aux appels d'offres	16.9 Etude des devis - Compléments d'information
	Dépouillement	29.11 Réponse CISI sur le choix constructeur. Demande devis CISI pour le logiciel
73	26.2 Lettre intention commande TE	31.1 Proposition logiciel CISI
2.3	Commande onduleur MERLIN-GERIN	5.2 Réunion coordination La Hague
24.4	Devis salle ordinateurs	22.2 } Réunion coordination Paris 15.3 }
		8.3 Lettre intention commande CISI
		1.4 Analyse détaillée
		3-4.4 Réunion coordination Grenoble
		28.5 Commande ferme CISI
21.6	Commande ferme TE	30.7 } Fin analyse détaillée du système 3.8 }
15.9	Début des travaux salle ordinateurs	10.9 Accord UP 2 sur le logiciel proposé
10.12	Fin travaux aménagement salle ordinateurs	13-15.11 Réunion coordination Grenoble
		3.12)
		18.12) Réunion coordination Grenoble
		21.12)
74	16.1 Livraison onduleur - Installation - Essais	21-25.1 Essais du système Echiroilles
12.3	Livraison ordinateurs - Installation - Essais	
12.4	Réception : rovisoire matériel	16.4 Début mise au point programmes à UP 2
27.9	Recette onduleur	6.9 Recette logiciel Tests d'endurance.



Armoires Modem: Standard 49"

Fig.7 - IMPLANTATION SALLE CALCULATEURS

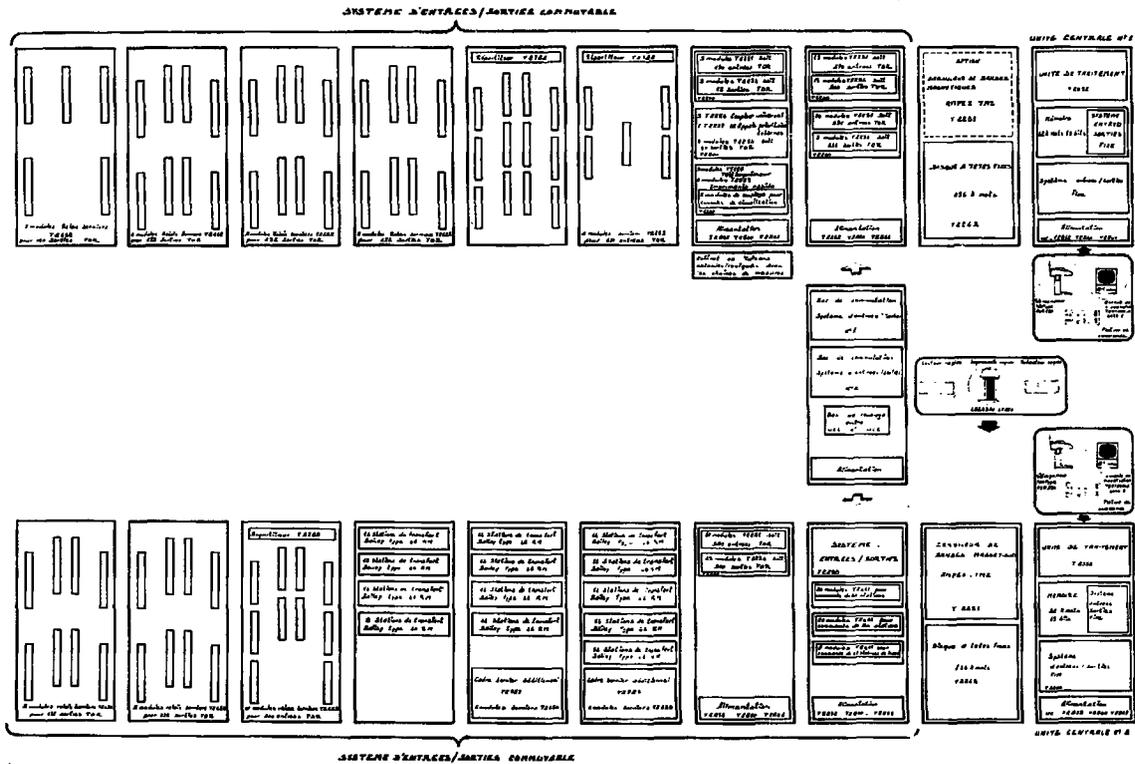


Fig.8 - IMPLANTATION SALLE DE CONTROLE, SALLE CALCULATEURS

VI.2.1. Principe du jeu d'essais, objectifs limites.

Les objectifs de ce jeu d'essais étaient les suivants :

- Fournir en Temps réel à la CISI les différents renseignements lui permettant d'avancer dans l'analyse et la programmation du système sur des bases sûres. Tests du matériel spécifique (commutation, couplage, programmation des périphériques ...).

- Permettre des essais globaux de la configuration en vue de son vieillissement et vérifier les éventuelles incidences du fonctionnement simultané des divers composants de la configuration.

- Permettre les essais particuliers, en vue de leur mise au point de sous ensembles spécifiques.

Il fallait pour cela utiliser une logique de programmation particulièrement simple et sûre afin d'être certains de ne pas mêler des problèmes "matériel" et "logiciel".

Le jeu d'essais met en oeuvre l'ensemble du matériel informatique de la salle calculateur et d'un atelier à la fois.

Le jeu d'essais est bâti autour du superviseur Temps réel T 2000 SUPROS chargé de gérer les interruptions, les entrées-sorties, les alarmes et l'enchaînement des Travaux utilisateurs.

Les Travaux utilisateurs ou tâches sont des programmes spécifiques permettant de faire fonctionner un ou plusieurs sous ensembles de la configuration matériel.

VI.2.2. Description (Fig. 9)

Une tâche de dialogue opérateur à partir du Télécopieur de service permet de valider ou inhiber les différentes tâches de l'application (Test unique ou simultané) et de vérifier le fonctionnement du sous-ensemble mis en oeuvre avec édition de message d'erreur. Ces tâches sont :

Disque : écriture puis relecture et Test d'information transférée sur le disque. surveillance de bon fonctionnement et édition de messages en cas d'erreur.

Couplage UC : elle permet de vérifier le fonctionnement du couplage UC. Pour cela l'opérateur frappe sur la console de visualisation de UC 1 (ou UC 2) un texte qui est transmis à UC 2 (ou UC 1) et visualisé sur la console de UC 2 (ou UC 1).

Chaîne de mesures : scrutation périodique de toutes les voies de mesure et édition du journal des résultats sur l'imprimante de l'atelier.

Commuteur : scrutation périodique de l'état du commutateur et vérification de concordance.

Entrées numériques : scrutation périodique des informations d'entrée sur la matrice de multiplexage et impression des états sur le Télécopieur de l'atelier.

Sorties numériques : commande périodique de sorties de la matrice de multiplexage sur laquelle sont connectés des voyants permettant de vérifier la bonne exécution des commandes.

Platine de commutation : exécute les ordres demandés par l'opérateur dans les divers modes de commutation prévus.

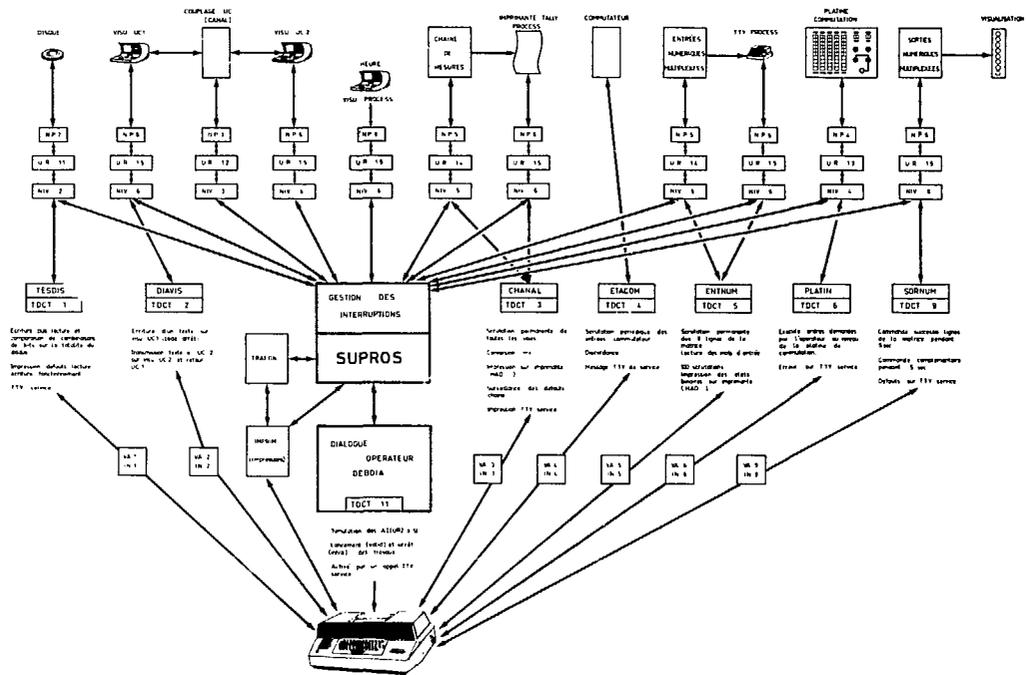


Fig.9 - SYNOPTIQUE JEU D'ESSAIS

Le système est identique sur UC 1 et UC 2 ce qui permet de valider les Tests sur l'une ou l'autre des unités centrales.

VI.2.3. Mise en oeuvre.

Après la mise au point du système en plate forme, des essais globaux ont pu avoir lieu en usine fin janvier 1974. Ils ont consisté en :

- . Test de chaque module de la configuration
- . Test d'ensemble avec le jeu d'essai.

Ces essais ont permis de mettre en évidence certains défauts de la configuration. Il a donc été décidé d'un commun accord de consacrer le mois de février 74 à des essais d'endurance, de vieillissement et de tenue en température du système et de remédier à ces défauts. Ceci a été particulièrement bénéfique pour tous car TELEMECANIQUE a ainsi pu livrer un système qu'elle estimait entièrement testé et éprouvé, ce qui s'est avéré d'ailleurs parfaitement exact dans la suite.

La mise en service sur le site s'est donc déroulée de la façon suivante :

- Livraison du matériel le 12.3.74 sur le site de La Hague.
- Mise en place durant la semaine du 12 au 15.
- Raccordements dans la semaine du 18 au 22.3.74.
- Essais individuels semaine du 25 au 29.3.74.
- Essais d'ensemble jeu d'essai du 1 au 5.4.74.
- Recette provisoire et formation du personnel 8 au 12.4.74.

Un mois s'est donc juste écoulé entre l'expédition du matériel depuis Grenoble et la recette provisoire le 12 avril 1974.

VI.3. REALISATION DU LOGICIEL.

VI.3.1. Contexte.

Le matériel dont une partie est spécifique, a été fabriqué à Grenoble par la Société TELEMECANIQUE, et mis en place au Centre de Production de La Hague, le Logiciel conçu par la CISI dans la région parisienne, certaines tâches et programmes d'application écrits à la Hague.

Cette dispersion géographique, pénalisante, a été compensée par une planification stricte, une étroite collaboration entre les participants et l'échange, au fur et à mesure de la réalisation, d'une documentation abondante plus axée sur le fond que sur la forme.

Le cahier des charges ayant été rédigé par une équipe connaissant les problèmes d'exploitation et possédant une solide expérience informatique, les fonctions dévolues au logiciel ont été bien spécifiées dès le démarrage du projet et il n'y a pas eu, malgré les inévitables adjonctions en cours de réalisation, de remise en cause fondamentale.

VI.3.2. Production des programmes.

Compte-tenu de la spécificité de certains périphériques non supportés par le logiciel standard du constructeur, il est apparu plus intéressant de réaliser l'ensemble moniteur temps réel et système d'entrées-sorties plutôt que d'intégrer des fonctions dans un produit déjà existant.

Tous les programmes y compris le moniteur sont écrits en L P (cf exemple ci-dessous). La syntaxe de ce langage à structure de bloc rappelle celle d'ALGOL. Il permet d'accéder aux registres et aux instructions de la machine et, de par sa structure, diminue le nombre de branchements explicites.

```
PROCEDURE LIRE ;
; ENTREE TELETYPE AUTONOME, ARRET SUR ;
; CORRECTION BUFFER SUR FLECHE ARRIERE
; BEGIN SEGMENT DATA ;
WORD SVTI: ;
4336 I I 0000 000 ;
; EOD: ;
; SVTI:=FANPON; ;
4337 I I 4336 154 ;
; AC:=05440; LOOP SA 02114: & ENTREE.ECHO
4340 I I 0440 770 ;
4341 I I 2114 050 ;
4342 I I 4341 170 ;
; LOOP BEGIN X:=-16; ;
4343 I I 7760 030 ;
; LOOP BEGIN LOOP ER 00114: & ENTREE CARACTERE
4344 I I 0114 054 ;
4345 I I 4344 170 ;
; BUFIN(X+15):-AC; ;
4346 I I 3450 544 ;
; IF I AC XOR '1'0) THEN GOTO SVTI: ;
4347 I I 2730 670 ;
4350 I I 4352 270 ;
4351 I I 0000 170 ;
4352 I I 4336 044 ;
; IF ( BUFIN(X+16) XOR 4(370=0) THEN CYCLE 2; ;
4353 I I 3450 504 ;
4354 I I 1370 670 ;
4355 I I 4357 270 ;
4356 I I 0000 170 ;
4357 I I 4343 170 ;
; ARV I: ;
4360 I I 0001 070 ;
; END: ;
4361 I I 4344 170 ;
; END: ;
4362 I I 4343 170 ;
; END: ;
```

Exemple de programmation en LP 2000

Les programmes stockés sur carte ont été compilés sur le 360/91 de la CISI, le binaire produit étant reconnu par le chargeur du constructeur. De même tous les fichiers, d'un encombrement global de 50 K, ont été ou seront créés en centre de calcul.

En particulier, un programme de génération de données conçu spécialement facilite la constitution et le contrôle des fichiers décrivant l'acquisition et le traitement des mesures réelles et fictives.

Les avantages de cette solution sont très nombreux :

- on a supprimé la perte de temps inhérente aux manipulations et modifications de programmes sources sur ruban perforé ;
- la compilation des programmes effectués au fur et à mesure de leur écriture nous a fait disposer du binaire dès l'arrivée du matériel ;
- l'écriture d'un simulateur d'exécution simplifié a permis de tester certaines algorithmes du moniteur et ses performances ;
- l'accès aux imprimantes rapides a rendu possible l'édition de l'intégralité des programmes.

VI.3.3. Documentation.

La documentation a précédé dans la plupart des cas le codage des instructions et a été constituée avec un souci de normalisation.

Au niveau de chaque tâche on s'est efforcé :

- de rédiger une description détaillée ;
- de fournir un organigramme fonctionnel ;
- de rédiger une description simplifiée de chaque sous-programme lui appartenant ;
- d'établir un organigramme très détaillé, les notations représentant l'accès aux variables (indirection, indexation) étant normalisées ;
- de décrire le contenu des variables utilisées.

Compte tenu du langage utilisé, ces descriptions détaillées ont permis de perforent directement les programmes à partir des organigrammes en évitant la chaîne habituelle d'écriture de bordereaux, perforation, vérification, frappe des cartes erronées.

VI.3.4. Mise au point sur le site.

La mise au point sur le site a débuté le 16 avril 1974.

Les 28 K instructions du système ont été testées en trois mois. Pendant cette période, le matériel ayant subi des essais préalables très poussés en plate-forme, a été totalement disponible. Le découpage en modules opérationnels a rendu possible la mise au point des programmes en parallèle sur les deux calculateurs. Par ailleurs, l'écriture en langage évolué et la documentation associée a facilité la planification des tests des différentes tâches indépendamment de leurs auteurs.

Des outils de mise au point dynamique tels que modification ou dump de la mémoire ou du disque, prévus au niveau du dialogue opérateur, ont été rendus opérationnels en priorité et ont accéléré la suite de la mise en route.

La suivie permanente du projet par l'équipe du CEA lui a permis de participer efficacement à cette mise au point et par là d'acquérir une connaissance du système suffisamment approfondie pour en assurer la maintenance.

Chapitre VII

ASPECT FINANCIER.

Pour la réalisation du remplacement des processeurs d'UP2, nous avons demandé une somme initiale de 4.315 KF dont 550 KF au titre du HAO.

Les estimations faites ne se sont pas révélées totalement exactes : nous avons surestimé le matériel et sous estimé le logiciel et les installations électriques mais ceci a compensé cela.

En définitive, la somme initiale n'a pas été dépassée si l'on se réfère aux commandes passées réellement à l'extérieur. En effet, ne rentrent pas dans cette enveloppe financière les heures travaillées par la Section P/CI (deux programmeurs). Si on les adjoint le dépassement est alors inférieur à 10% ce qui est acceptable compte tenu des augmentations de ces dernières années : l'estimation ayant été faite en 1972.

La répartition des dépenses se décompose comme suit :

Matériel Télémechanique (calculateur + périphériques)	69%
Pièces de rechange	4%
Logiciel (CISI + Heures travaillées P/CI)	18%
Alimentation électrique + onduleur	4%
Liaison salle calculateur - salles contrôle	3%
Installation local (climatisation ...)	2%.

Chapitre VIII

CONCLUSION

Depuis la date de réception du logiciel en septembre 74, la chaîne de mesure du HAO ainsi que le système centralisé fonctionnent en permanence. Les mesures du HAO sont, il est vrai, simulées par un générateur de tension, mais le dialogue entre calculateur et l'enchaînement entre les différentes tâches donnent toute satisfaction.

Cette période d'endurance a mis en évidence certains défauts "cachés" dans le logiciel qui ont été vite remédiés. Le HA/DE et le MAU ont été raccordés en juillet-septembre 75 sans difficulté majeure autre que l'apprentissage du système par les opérateurs et les deux derniers ateliers le seront en septembre 76. Quelques modifications ont été faites au niveau du logiciel de façon à faciliter l'exploitation du système.

Tout au long de cet exposé, le problème de fond, qui avait guidé le choix du CEA concernant ce système, a été celui de sa disponibilité opérationnelle.

Ainsi certains organes vitaux du système ont la possibilité d'être "repris en secours" :

- soit par des organes identiques (unité centrale, disque, système d'entrées-sorties, coupleurs) ;
- soit par des organes similaires (cas des périphériques conventionnels et de certaines mesures doublées sur d'autres équipements).

Cette architecture tend à diminuer la fiabilité apparente du système (augmentation du volume global de matériel), elle augmente par contre de façon sensible la disponibilité de certaines missions essentielles affectées au système en réduisant les temps probables d'immobilisations pour cause de pannes. Une étude prévisionnelle de disponibilité opérationnelle a donc été effectuée sur le système à travers ces deux composantes :

- Fiabilité permettant de déterminer le nombre total de pannes durant une durée d'exploitation déterminée.
- Maintenabilité permettant de déterminer la durée des arrêts pour cause de panne de chaque constituant du système.

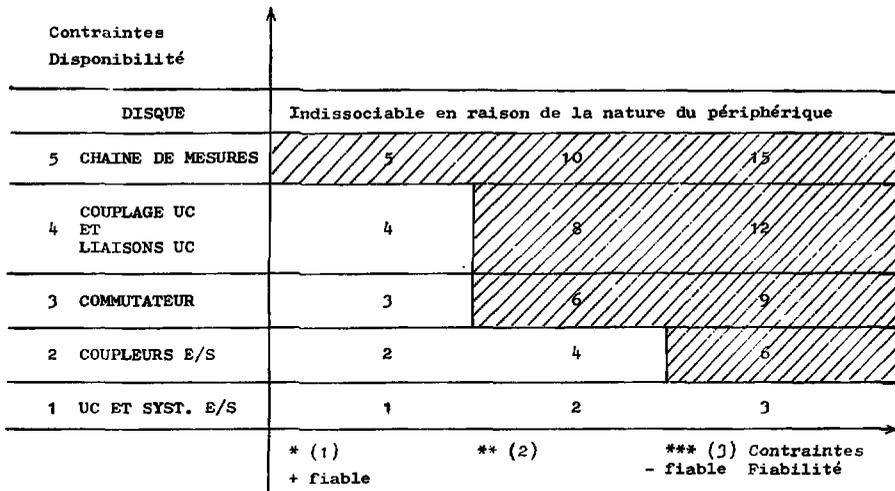
Cette étude débouche évidemment sur la politique de maintenance à mettre en place pour respecter les objectifs de disponibilité qui ont été fixés.

On peut résumer ces résultats par un graphe symbolique où on trouve :

- en ordonnées les contraintes de disponibilité hiérarchisées par importance (incidence sur le fonctionnement du système) ;
- en abscisses les contraintes de fiabilité : pour chaque élément intervenant dans la disponibilité, on a établi la liste des cartes qui le composent avec pour chaque carte son MTFB.

On peut établir : niveaux de hiérarchie en allant des plus faibles aux moins faibles.

L'application de cette méthode au système actuel donne le graphe suivant :



En établissant un jeu de "poids" tant pour les Contraintes de fiabilité (1 à 3) que celles de disponibilité (1 à 5), on peut établir des surfaces de poids équivalents : à chaque surface correspond une liste de matériel en rechange. L'avantage de cette méthode est de permettre, ayant fixé les contraintes économiques (coût du stock de rechanges) à un certain seuil, de faire un choix objectif des éléments de ce stock.

Par exemple, dans la figure ci-dessus, si on fixe les contraintes économiques au seuil 5, on voit que le stock à constituer devra comporter toutes les pièces intervenant dans les cases hachurées du graphique.

C'est donc sur ces bases que les responsables des Services de Production ont fait leur choix :

- Achat d'un lot de pièces détachées au niveau 5 ce qui conduit en particulier à l'achat d'un disque de rechange.
- Contrôle de maintenance hors périphériques avec la société TELEMÉCANIQUE.

Enfin, on ne saurait trop souligner qu'une telle réalisation n'a pu être menée à bien qu'avec une parfaite collaboration entre tous les partenaires CEA, CISI, TELEMECANIQUE.

Manuscrit reçu le 3 mai 1976



Photo 1 - Vue d'ensemble Salle Calculateurs



Photo 2 - Console de visualisation

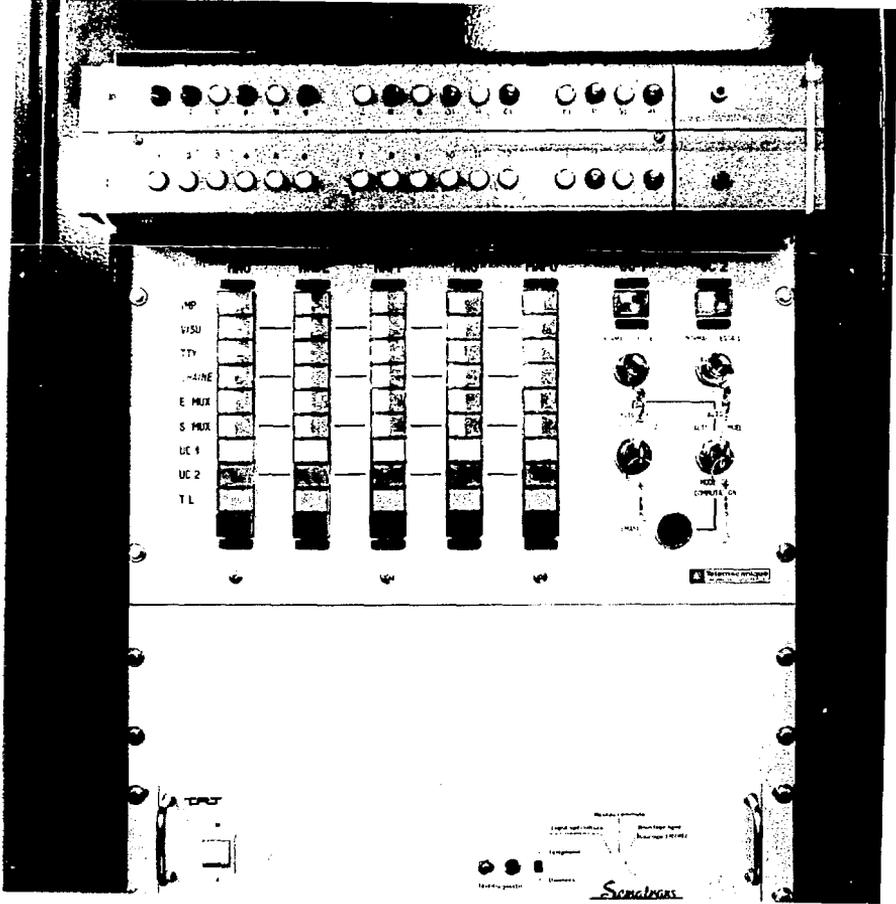


Photo 3 - Platine de commutation

Achevé d'imprimer
par
le CEA, Service de Documentation, Saclay
Novembre 1976

DEPOT LEGAL
4ème trimestre 1976



La diffusion, à titre d'échange, des rapports et bibliographies du Commissariat à l'Energie Atomique est assurée par le Service de Documentation, CEN-Saclay, B.P. n° 2, 91190 - Gif-sur-Yvette (France)

Reports and bibliographies of the Commissariat à l'Energie Atomique are available, on an exchange basis, from the Service de Documentation, CEN-Saclay, B.P. n° 2, 91190 - Gif-sur-Yvette (France)

Edité par
le Service de Documentation
Centre d'Etudes Nucléaires de Saclay
Boîte Postale n° 2
91190 - Gif-sur-YVETTE (France)