

B.16

**RAPPORT DU GROUPE D'ETUDES
"TRAITEMENT DES INFORMATIONS
PROCEDE DANS LES USINES DE RETRAITEMENT"**

CENTRE DE LA HAGUE

Rapport CEA-R-4747

1976

Ea

SERVICE DE DOCUMENTATION

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

Rapport CEA-R-4747

Cote-matière de ce rapport : B.16

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

<i>en français</i>	<i>en anglais</i>
USINES DE RETRAITEMENT DU COMBUSTIBLE	FUEL REPROCESSING PLANTS
AUTOMATISATION	AUTOMATION
CONTROLE - COMMANDE	CONTROL
TRAITEMENT DE L'INFORMATION	DATA PROCESSING
SAISIE DES DONNEES	DATA ACQUISITION
COUT	COST

- Rapport CEA-R-4747 -

Centre de la Hague

RAPPORT DU GROUPE D'ETUDES

"TRAITEMENT DES INFORMATIONS
PROCEDE DANS LES USINES DE RETRAITEMENT"

- Août 1976 -

CEA-R-4747 - RAPPORT DU GROUPE D'ETUDES

TRAITEMENT DES INFORMATIONS PROCEDE DANS LES USINES DE RETRAITEMENT

Sommaire.- Le Groupe d'Etudes sur le *Traitement des Informations Procédé dans les Usines de Retraitement des Combustibles Irradiés* a été créé à la demande de la Direction des Productions et confié au Directeur du Centre de LA HAGUE. Le Groupe était composé d'ingénieurs d'activités diverses : Exploitation, Architecte, Services constructeurs, sociétés de service etc. Dans un premier temps, le groupe a étudié les solutions proposées par le Centre de LA HAGUE pour assurer le remplacement des ensembles de Traitement de l'Information qui étaient en service à cette époque et dont l'ancienneté et la fiabilité n'étaient plus compatibles avec les règles de sécurité imposées. Dans un deuxième temps et afin de contribuer au patrimoine français dans le domaine du Retraitement des Combustibles, le groupe a étudié les systèmes et les configurations pouvant être retenus pour l'équipement d'installations futures. Les résultats de ces études ont été rendus en janvier 1974.

1976

50 p.

Commissariat à l'Energie Atomique - France

CEA-R-4747 - RAPPORT DU GROUPE D'ETUDES

DATA PROCESSING IN REPROCESSING PLANTS

Summary.- A study group to examine *Data Processing in Spent Fuel Reprocessing Plants* was created at the request of the Head of Productions and entrusted to the Director of the LA HAGUE Centre. The group was made up of engineers working in different fields : piloting, architecture, building outfits, services etc. To begin with the group examined the solutions proposed by the LA HAGUE Centre for the replacement of data processing units in service at the time but too old and unreliable to meet the safety rules laid down. Secondly, as a contribution towards France's heritage in the fuel reprocessing field, the group investigated systems and configurations for possible application to the equipment of future plants. The results of these studies were submitted in January 1974.

1976

50 p.

Commissariat à l'Energie Atomique - France

TABLE DES MATIERES

PREAMBULE : CREATION, COMPOSITION et MISSIONS

Chapitre I - BESOINS EN INFORMATIONS DE L'USINE DE TRAITEMENT DES COMBUSTIBLES IRRADIES

- 1.1 - But des usines de traitement des combustibles irradiés
- 1.2 - Contraintes particulières aux usines de traitement des combustibles irradiés
- 1.3 - Règles appliquées dans les usines de traitement des combustibles irradiés en matière de conception et d'exploitation
- 1.4 - Besoins en information des usines de traitement des combustibles irradiés
- 1.5 - Utilisation des informations pour la conduite du procédé

Chapitre II - LES MOYENS DISPONIBLES POUR L'ACQUISITION ET LE TRAITEMENT DES INFORMATIONS DANS UNE USINE DE TRAITEMENT DES COMBUSTIBLES IRRADIES

- 2.1 - Généralités sur l'utilisation des informations pour la conduite d'un processus
- 2.2 - Etude des possibilités techniques des différents systèmes
- 2.3 - Etude économique comparée des différents systèmes
- 2.4 - Conclusions

Chapitre III - MISE EN PLACE D'UN SYSTEME INFORMATIQUE DANS UNE USINE DE TRAITEMENT DES COMBUSTIBLES IRRADIES EXISTANTE

- 3.1 - Considérations générales
- 3.2 - Possibilités d'utilisation de l'informatique dans UP 1
- 3.3 - Possibilités d'utilisation de l'informatique dans UP 2
- 3.4 - Conclusions

Chapitre IV - MISE EN PLACE D'UN SYSTEME INFORMATIQUE DANS UNE
NOUVELLE USINE A CONSTRUIRE

- 4.1 - Considérations générales
- 4.2 - Caractéristiques et conception de l'usine à construire
- 4.3 - Possibilités du système informatique
- 4.4 - Choix de la configuration et du matériel
- 4.5 - Conclusions

RESUME ET CONCLUSIONS

LISTE DES TABLEAUX

Tableau n° 1 - Avantages et inconvénients techniques respectifs des options.

Tableau n° 2 - Comparaison des coûts des différentes options (Rapportés à 1 voie de mesure).

LISTE DES FIGURES

Figure n° 1 - Représentation schématique de boucles utilisant un système conventionnel et un système informatique

Figure n° 2 - Différentes configurations étudiées.

ANNEXE I - Evolution probable des matériels informatiques.

ANNEXE II - Comparaison économique des solutions location et vente.

CREATION

Le Groupe d'Etudes sur le "Traitement des Informations Procédé dans les Usines de Retraitement des Combustibles Irradiés" a été créé à la demande de M. le Directeur délégué SDPu par le Directeur du Centre de La Hague pour compter du 1er Novembre 1972.

COMPOSITION

Le Groupe était composé de :

MM. DELANGE	DP/LH/P - Président
BERNARD	SGN
CHAMBON	DP/LH/P/U
CHOULET	SGN
FABRE	CISI
GILBERT	DP/M/ET
GOUGUET	DP/LH/PR
MALET	DP/LH/P/CI
MIMAUD	DP/LH/P/CI
PAPAUT	DP/M/Pu
PRAT	SCES
RANAVOLOT	TECHNICATOME

MISSIONS

Dans un premier temps, le groupe étudiera les solutions retenues par le Centre de La Hague pour assurer le remplacement des processeurs actuels d'UP 2 relevant d'un système périmé et dont la fiabilité est médiocre.

Les conclusions devront être connues au plus tard fin décembre 1972.

Dans un deuxième temps, et afin de contribuer au patrimoine français dans le domaine du retraitement, le groupe étudiera les systèmes pouvant être retenus pour assurer dans les meilleures conditions de rentabilité et de sécurité l'exploitation des ouvrages de ce type :

- . collecte des données
- . traitement des informations
- . automation.

Les résultats de cette étude générale devront être connus pour fin 1973.

RAPPORT DU GROUPE D'ETUDES

"TRAITEMENT DES INFORMATIONS PROCEDE DANS LES USINES DE RETRAITEMENT"

Chapitre I

BESOINS EN INFORMATIONS DE L'USINE DE TRAITEMENT DES COMBUSTIBLES IRRADIES

1.1 - BUT DES USINES DE TRAITEMENT DES COMBUSTIBLES IRRADIES

Une usine de Traitement de Combustibles Irradiés est un établissement industriel qui a pour but de séparer quantitativement les éléments contenus dans les combustibles nucléaires après irradiation, à savoir :

- l'Uranium (destiné à être recyclé)
- le Plutonium (destiné à être recyclé)
- les Produits de Fission (destinés à être stockés).

A l'entrée, les combustibles irradiés sont de caractéristiques très variables en morphologie, nature, combustion massique, durée de refroidissement.

A la sortie, les produits issus du traitement (U et Pu) doivent satisfaire à des spécifications de pureté très strictes.

Les quantités d'effluents rejetés dans l'environnement doivent être maintenues en-dessous de normes précises.

Un tel résultat peut être obtenu grâce à la mise en oeuvre d'un procédé complexe comprenant une succession d'opérations élémentaires relevant du génie chimique et du génie mécanique.

1.2 - CONTRAINTES PARTICULIERES AUX USINES DE TRAITEMENT DES COMBUSTIBLES IRRADIES

Par la nature des opérations mises en oeuvre, une usine de traitement des combustibles irradiés est essentiellement (à quelques opérations mécaniques près) une usine chimique, et par là même doit supporter toutes les contraintes normalement liées à l'exploitation de tels établissements :

- en matière de sécurité (utilisation de produits dangereux, production d'effluents etc...).
- de technicité (appareillages de génie chimique, contrôle analytique etc...)

- et d'économie (respect du prix de revient, des produits finis, valorisation des sous produits etc...).

Par contre une usine de traitement des combustibles irradiés doit supporter des contraintes supplémentaires très lourdes :

1.2.1 - Contraintes en matière de sécurité

Elles sont liées essentiellement aux risques potentiels présentés par les matériaux et produits traités, à savoir :

- . risques d'irradiation (produits de fission, transuraniens Pu et ses composés)
- . risques de contamination (Pu et PF)
- . risques de criticité (U 5 et Pu),

Ces risques peuvent se manifester :

- . vis-à-vis du personnel d'exploitation
- . vis-à-vis des installations (accidents de criticité)
- . vis-à-vis de l'environnement (rejets radioactifs liquides ou gazeux).

Ces risques sont très importants car les quantités mises en oeuvre sont considérables. A titre d'exemple, le traitement de 4 tonnes de combustibles irradiés de la filière eau légère correspond à la manipulation de

40 kg de plutonium

10 à 20 000 000 curies.

C'est ce qu'une usine comme UP 2 est appelée à manipuler quotidiennement.

Quoiqu'il en soit, tous ces risques doivent être rendus en principe quasi impossibles (criticité) ou s'ils ne sont pas nuls que les dommages éventuels n'entraînent pas pour les différentes catégories de personnes un dépassement des normes légales de radioprotection.

1.2.2 - Contraintes en matière technique

Elles découlent en partie des contraintes en matière de sécurité vues plus haut et sont liées essentiellement :

- au nombre, à la diversité et à la complexité des opérations du procédé
- à l'impossibilité dans certaines zones d'utiliser des appareils courants (pompes, vannes etc...)
- à l'utilisation très poussée de la transmission à distance des informations,
- à la télécommande d'un grand nombre d'opérations,
- à la difficulté voire l'impossibilité de certaines opérations d'intervention ou de maintenance, en raison en particulier de l'inaccessibilité de beaucoup d'appareillages.

1.2.3 - Contraintes en matière d'économie

Elles sont liées essentiellement :

- à la valeur des produits récupérés :

U = 15 à 30 g/kg (pour les teneurs résiduelles en ^{235}U)

Pu = 6 g/g

ce qui exige (outre l'aspect sécurité développé plus haut) des facteurs de séparation très poussés (10^7 à 10^8) correspondant aux teneurs résiduelles suivantes :

U/Pu < 300 ppm (10^{-6})

Pu/U < 10 ppb (10^{-9})

PF/U < 0,4 mCi/kg

PF/Pu < 8 $\mu\text{Ci/g}$

des rendements de récupération élevés :

> 98,5 % pour U

> 97,5 % pour Pu.

- à la structure du coût de traitement qui comporte :

- . une forte proportion de frais fixes (82 % pour 800 T de combustibles GG)
- . des amortissements élevés en raison du coût très lourd des investissements (> 500 MF pour 5 T/j).

Ce qui exige un taux de charge élevé pour les installations de l'ordre de 300 j/an.

1.3 - REGLES APPLIQUEES DANS LES USINES DE TRAITEMENT DE COMBUSTIBLES IRRADIEES EN MATIERE DE CONCEPTION ET D'EXPLOITATION

Pour obtenir les résultats et les performances exigés tout en faisant face à toutes les contraintes ci-dessus énumérées, les usines de traitement des combustibles irradiés sont conduites à :

- faire appel à des personnels très qualifiés pour l'exploitation, le contrôle et la maintenance,
- exploiter un procédé confirmé par de très nombreux essais préliminaires,
- utiliser des appareillages de génie chimique, des dispositifs technologiques éprouvés, de standard élevé et de hautes performances,
- enfin, disposer d'un réseau très développé d'appareils de mesure et de traitement d'informations de grande précision et de haute fiabilité pour suivre les très nombreux paramètres permettant le contrôle du procédé et des conditions de sécurité.

C'est ce point particulier que le Groupe de Travail a été plus spécialement chargé d'examiner en détail.

1.4 - BESOINS EN INFORMATION DES USINES DE TRAITEMENT DES COMBUSTIBLES IRRADIEES

Du fait de la complexité du procédé, les informations et mesures nécessaires à la conduite des opérations de traitement des combustibles irradiés et au contrôle des conditions de sécurité du personnel et de l'environnement sont :

- nombreuses : plus d'un millier pour le seul procédé plus quelques centaines pour la sécurité,

- stables en quantité dans le temps : une fois le procédé fixé les variations possibles du nombre de points de mesure sont faibles;
- dispersées : les installations sont étendues en général,
- peu répétitives : les opérations sont différentes et les caractéristiques des mesures évoluent du début à la fin du procédé,
- très diversifiées de nature : elles peuvent être classées en 2 groupes :
 - . mesures classiques rencontrées dans l'industrie chimique
 - niveaux
 - pression
 - densité
 - débit
 - température
 - concentrations etc...
 - . mesures nucléaires
 - activités (α β γ n)
 - débits de dose etc...

Remarque : le grand nombre de paramètres mesurés et contrôlés résulte en partie du fait que les procédés ne sont pas encore stabilisés. De ce fait un certain nombre de mesures est utilisé à des études de corrélation en vue d'acquérir une meilleure connaissance de l'influence des paramètres qui régissent le procédé.

1.5 - UTILISATION DES INFORMATIONS POUR LA CONDUITE DU PROCÉDE

Conduire le procédé c'est, à partir d'un certain nombre d'informations et compte tenu des caractéristiques initiales des combustibles traités, coordonner les diverses opérations du procédé afin d'obtenir les spécifications et les rendements exigés dans la limite des coûts imposés et le respect des règles de sécurité vis-à-vis du personnel et de l'environnement.

Toutefois, les informations brutes fournies par les détecteurs placés aux différents points des installations doivent pour être utilisables en vue d'une action efficace sur le procédé, être exploitées et traitées avant d'être mises à la disposition de l'opérateur sous une forme plus ou moins élaborée.

Pour satisfaire ces besoins, les exploitants peuvent utiliser des moyens très variés disponibles dans la vaste panoplie d'appareillages et de dispositifs d'acquisition et de traitement des informations relevant soit des technologies "conventionnelles" soit de la technologie "informatique".

Chapitre II

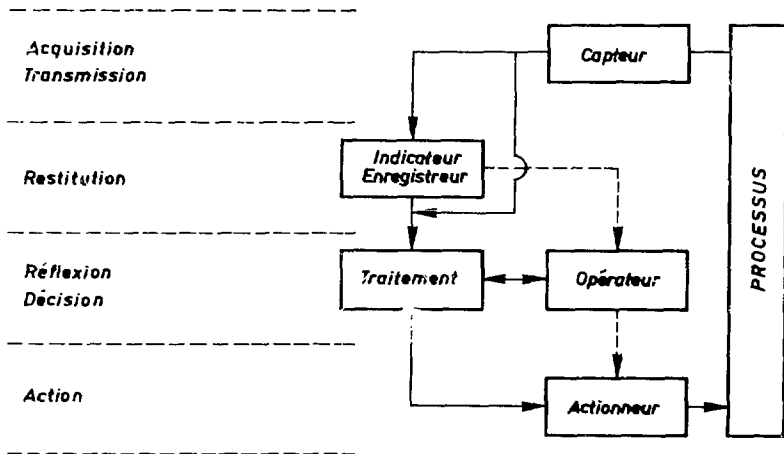
LES MOYENS DISPONIBLES POUR L'ACQUISITION ET LE TRAITEMENT DES INFORMATIONS DANS UNE USINE DE TRAITEMENT DES COMBUSTIBLES IRRADIES

2.1 - GENERALITES SUR L'UTILISATION DES INFORMATIONS POUR LA CONDUITE D'UN PROCESSUS

La procédure de conduite d'un processus comprend 4 stades successifs :

- un stade d'acquisition et de transmission des informations caractérisant l'état du processus,
- un stade de restitution des informations à l'opérateur,
- un stade de réflexion et décision au niveau de l'opérateur,
- un stade d'action de l'opérateur sur le processus,

On peut représenter ces démarches successives suivant le schéma ci-dessous :



De telles "boucles de contrôle" peuvent être réalisées soit entièrement avec du matériel de technologie conventionnelle ou informatique, soit le plus fréquemment par une combinaison de ces 2 types d'appareillage.

La figure ci-jointe donne une représentation schématique de boucles utilisant un système conventionnel et un système informatique.

Ces deux systèmes vont être comparés sur le plan technique et sur le plan économique afin de dégager leurs avantages et leurs inconvénients.

SYSTEME CONVENTIONNEL

SYSTEME INFORMATIQUE

Requisition et
Transmission des
Informations

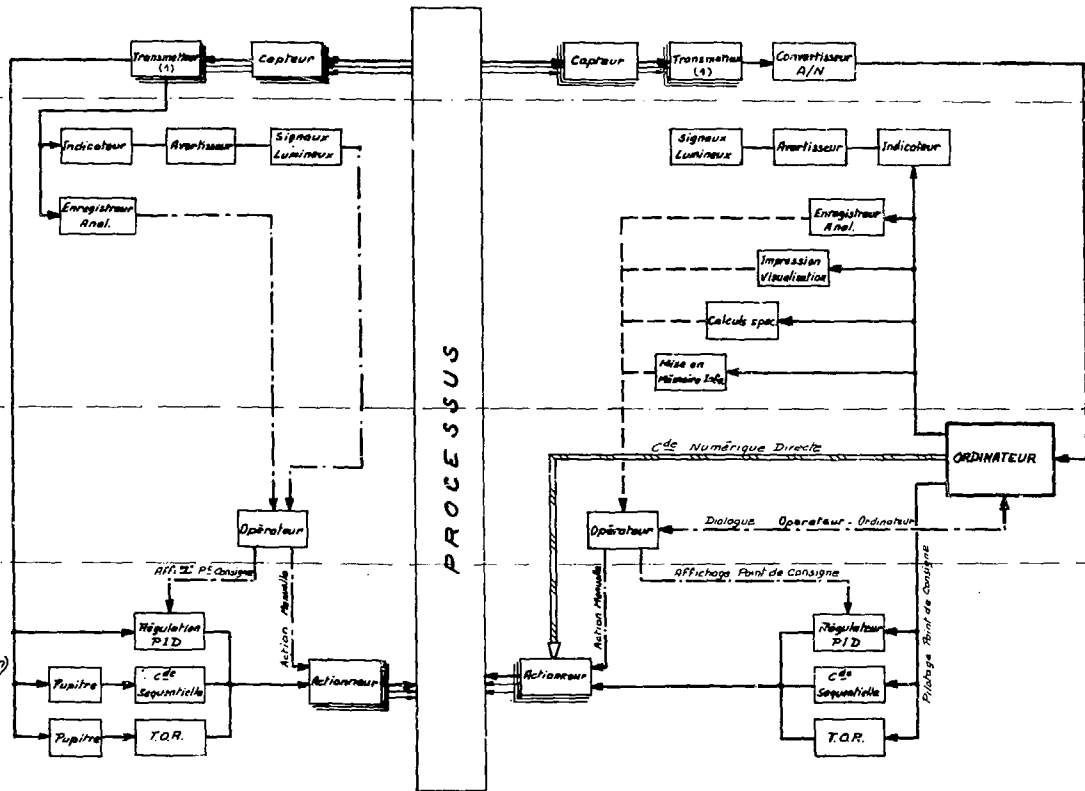
Restitution.

Traitement des Info.

Réflexion - Decision

Action.

(Régulation-Automatisation)



(1) Voir définition p 9 § 22.1.4

2.2 - ETUDE DES POSSIBILITES TECHNIQUES DES DIFFERENTS SYSTEMES

2.2.1 - Le système conventionnel

2.2.1.1 - Acquisition et transmission des informations

. Les capteurs sont très nombreux et de types très divers (thermocouples, manomètres, sondes capacitives, débit-mètres, pH mètres, compteurs α β γ ou n etc.).

Dans le cas des usines de Traitement des combustibles irradiés, pour des raisons de fiabilité et de facilité de maintenance, il est généralement fait appel à des mesures de pression pour déterminer indirectement des niveaux (bulle à bulle), des densités et des débits...

Par ailleurs dans le domaine des mesures chimiques (mesures de traces U et Pu par exemple) on ne trouve pas encore sur le marché les capteurs industriels convenables du point de vue fiabilité.

Par ailleurs en raison des impossibilités d'accès de certaines zones du procédé (Haute Activité) l'implantation de capteurs industriels classiques peut poser des problèmes parfois insolubles.

. Les "transmetteurs" convertissent les signaux fournis par les capteurs en mesures analogiques.

2.2.1.2 - Restitution des informations

Les informations "Tout ou Rien" fournies par le capteur TOR correspondant à des franchissements de seuil (fins de course, pressostats etc...) sont restituées à l'opérateur par l'intermédiaire de voyants lumineux, avertisseurs sonores etc...

Les informations continues fournies par les transmetteurs sont restituées soit sur des indicateurs soit sur des enregistreurs analogiques à déroulement de bandes (tracé de courbes).

2.2.1.3 - Traitement de l'information (stade de réflexion décision)

Dans un système typiquement conventionnel c'est l'opérateur qui au vu des informations qui lui ont été restituées fait les calculs indispensables et les corrélations nécessaires et prend les décisions qui s'imposent.

2.2.1.4 - Actions (Commande et Régulation)

L'action sur le procédé se fait de 2 manières :

- soit automatiquement à partir des informations reçues des capteurs ou des transmetteurs sous forme de commandes séquentielles au moyen de pupitres à relayage électromagnétique ou statique,

- soit par l'intermédiaire de l'opérateur qui agit :

. ou directement sur un organe de réglage manuel

. ou indirectement par l'intermédiaire d'un régulateur PID pneumatique ou électronique sur lequel il affiche "les points de consigne" qu'il a décidé d'appliquer.

Dans tous les cas, ces commandes aboutissent aux actionneurs qui constituent les organes de réglage proprement dit.

Dans le cas des usines de Traitement des combustibles irradiés, ces actionneurs sont essentiellement des vannes qui peuvent être manuelles, télécommandées ou réglées à action pneumatique, électromagnétiques ou motorisées.

2.2.2 - Le système informatique

2.2.2.1 - Acquisition et transmission des informations

Le système utilise en général les mêmes capteurs que les systèmes conventionnels.

Au niveau de la transmission, on trouve en plus des transmetteurs analogiques, des convertisseurs analogiques numériques.

2.2.2.2 - Restitution des informations

Le système Informatique offre des possibilités de restitution beaucoup plus vastes que les systèmes conventionnels.

En effet, la restitution se fait dans ce cas après traitement des informations dans l'ordinateur, ce qui permet de mettre à la disposition de l'opérateur outre d'éventuels enregistrements analogiques :

- . des relevés d'informations périodiques exprimés en grandeurs physiques sur machines imprimantes télétypes ou consoles de visualisation,
- . des mises en mémoires d'informations,
- . des informations traitées par le calcul restituées sous forme de "journaux" (calculs de bilan, de hold up etc...).

2.2.2.3 - Réflexion, Décision (Traitement des informations).

Les informations transmises par les convertisseurs analogiques numériques sont reçues par l'ordinateur qui traite ces informations suivant des programmes plus ou moins élaborés.

L'ordinateur restitue ces informations à l'opérateur sous des formes diverses (voir ci-dessus).

La réflexion et la décision s'effectuent alors au cours du dialogue qui s'établit entre l'opérateur et l'ordinateur par l'intermédiaire d'un interface.

2.2.2.4 - Action (Automatisation)

Aux possibilités de régulation et de commandes séquentielles offertes par les systèmes conventionnels, le système informatique ajoute des possibilités très larges d'automatisation plus ou moins complètes du procédé grâce :

- . au réglage du point de consigne des régulateurs analogiques PID par l'ordinateur,
- . à la commande numérique directe de l'actionneur par l'ordinateur.

Les deux solutions ont évidemment leurs avantages et leurs inconvénients. On accorde à la première solution une grande souplesse d'exploitation :

- La boucle de régulation peut être assimilée à deux boucles superposées. L'une autonome, est contrôlée par le régulateur PID en fonction de l'écart de mesure-consigne et suivant des constantes de temps préalablement réglées. L'autre, effectuée par l'ordinateur, donne la valeur de consigne, compte tenu de la marche

du procédé, en amont et en aval de la boucle (par exemple ralentissement ou arrêt de production d'une unité, changement de cadence de traitement, etc...). L'intervention manuelle sur le point de consigne est toujours possible par l'opérateur, mais de plus, en cas d'arrêt technique de l'ordinateur, les actions de régulation de la boucle autonome continuent à corriger les écarts mesure-consigne.

- Dans le cas de commande numérique directe sur l'organe réglé, la correction mesure-consigne s'effectue par paliers suivant des constantes PID établies par l'ordinateur. La commande s'effectue par l'intermédiaire de stations de transfert qui mémorisent la dernière valeur de commande. L'intervention manuelle à partir de cette station est possible mais, en cas d'arrêt de l'ordinateur, l'action de régulation disparaît, l'organe réglé reste sur la dernière position qui lui a été assignée sans souci de l'écart mesure-consigne.

- En tout état de cause, la commande numérique directe ne pourra être envisageable et ne pourra être programmée que si les paramètres du procédé, fonctions de transfert, etc... sont parfaitement connus, ce qui, à l'heure actuelle, n'est pas toujours le cas. Dans les quelques années à venir, la solution par pilotage du point de consigne devra donc être retenue. Cette solution, qui amènera une redondance des matériels contrôle pourra paraître financièrement plus élevée. Mais la commande numérique directe, dans le cas d'une usine où 150 à 200 chaînes de régulation associées à 1500 ou 2000 mesures seront nécessaires, entraînera un Software plus lourd et une capacité de mémoire très importante, ce qui coûtera aussi très cher.

2.2.3 - Moyens mixtes

Il n'existe pas de frontière fixe entre les deux systèmes présentés ci-dessus.

Il est possible en effet d'utiliser des moyens informatique pour traiter certaines informations (par exemple analogiques) et des moyens conventionnels pour d'autres (informations Tout ou Rien) ou ces deux moyens pour traiter certaines informations particulièrement importantes, par exemple pour des raisons de sécurité

On peut aussi envisager un système conventionnel pour relayer le système informatique si besoin est. Dans ce cas le traitement des informations peut se faire au moyen d'un ordinateur tout en gardant la possibilité d'avoir certains résultats de mesure sous forme analogique sur des enregistreurs "banalisés" de façon à assurer par exemple, les fonctions vitales des installations.

Par ailleurs, pour des raisons de sécurité, les alarmes peuvent être déclenchées à la fois par l'ordinateur et par un système conventionnel. De même, les commandes séquentielles et la régulation peuvent être assurées en partie seulement par ordinateur, le reste étant à la charge d'ensembles conventionnels (ou entièrement par l'ordinateur avec reprise d'une partie par les systèmes conventionnels en cas de défaillance de ce dernier).

A ce sujet, il faut noter que les matériels de traitement numérique type "Data logger" Mors, CAE 3030... à logique câblée ont fait place aux ordinateurs industriels à logique programmée.

2.2.4 - Comparaison technique des systèmes

2.2.4.1 - Avantages du système informatique

Nous avons vu que le système informatique offre par rapport au système conventionnel des possibilités supplémentaires nombreuses :

- Restitution des résultats de mesure en grandeurs physiques,
- Mémorisation des mesures rendant possibles des calculs élaborés (volumes, bilans, hold up...),
- Elaboration de paramètres et d'informations indirectes par le calcul.
- Impression multiples, journaux de bord, visualisation.

Mais l'utilisation d'un système informatique présente aussi d'autres avantages en matière de :

- souplesse d'exploitation : en effet des systèmes câblés, comme le sont les systèmes conventionnels, sont par nature figés et se prêtent difficilement à des extensions ou des modifications de procédé. Alors que les prestations fournies par un système informatique peuvent aisément évoluer en quantité et en qualité.
- Meilleure surveillance du procédé grâce à la prise en charge permanente par l'ordinateur de toutes les grandeurs importantes.

Enfin et surtout, le système informatique permet de pousser très loin l'automatisation (jusqu'à l'optimisation complète du procédé s'il le faut) sous réserve bien entendu d'une connaissance parfaite du procédé et d'une disponibilité suffisante en capteurs et actionneurs adéquats.

2.2.4.2 - Avantages et inconvénients techniques d'une automatisation poussée

L'automatisation totale ou partielle d'un procédé, indépendamment des moyens utilisés, en supposant encore une fois qu'elle soit possible et fiable, présente des avantages certains sur le plan technique dans les domaines suivants :

- . amélioration du procédé
- . sécurité de fonctionnement,

mais risque par contre de poser des problèmes humains.

Amélioration du procédé

L'automatisation permet une réponse plus rapide et plus sûre aux perturbations du procédé ; ceci impose toutefois que toutes les actions à effectuer dans ce cas ont bien été étudiées et que le "cahier de consignes" est en permanence prêt à être consulté par le programme de l'ordinateur et que la programmation de l'ordinateur est le reflet exact du cahier de consignes.

L'amélioration se réalise également par un respect plus précis des fourchettes de fonctionnement.

Enfin à la limite, si la connaissance du procédé est suffisante, l'automatisation permet d'atteindre l'optimisation du fonctionnement qui conduit à la fois à une diminution des charges et une amélioration de la qualité des produits finis.

Sécurité de fonctionnement

Dans un système entièrement automatisé, tous les paramètres caractérisant la marche d' procédé sont suivis et explicités en permanence par l'ordinateur, ce que ne pourraient faire des opérateurs humains. En outre l'ordinateur alerte le responsable non seulement en cas de dépassement de seuils, mais en cas de mauvais fonctionnement d'un organe mécanique ou électrique.

En face de ces avantages l'automatisation poussée pose quelques problèmes humains dans la mesure où elle conduit à changer la nature des rapports entre l'homme et le procédé.

En effet la machine fait en principe tout ce qui doit être fait à l'instant où il le faut sauf en cas d'incidents graves qui ne seraient pas prévisibles ou prévus par les programmes. Dans ces cas là comment réagira l'opérateur, étant donné son rôle peu actif en fonctionnement normal ?

Pour pallier cet inconvénient, nous pensons qu'il sera nécessaire d'établir un dialogue homme-machine très poussé et de maintenir pour l'opérateur une surveillance des installations afin de laisser subsister une relation entre lui-même et son procédé.

De toute façon l'automatisation poussée pose la question fondamentale du nombre et de la qualification des hommes à placer devant un ordinateur travaillant sur un procédé continu (Ingénieur de quart ?).

2.3 - ETUDE ECONOMIQUE COMPAREE DES DIFFERENTS SYSTEMES

Sur le plan technique, le système informatique présente par rapport aux systèmes conventionnels des avantages importants. Qu'en est-il sur le plan des coûts d'équipement et de fonctionnement ?

Nota : on exclura de la comparaison tous les appareils communs aux deux systèmes (capteurs, transmetteurs et actionneurs).

2.3.1 - Cas d'un système informatique

2.3.1.1 - Coût des appareillages de traitement et de restitution des informations

Le prix d'un système informatique varie avec le type de configuration et le constructeur choisis.

Ce point sera examiné en détail au chapitre III,2 à l'occasion de l'étude du remplacement des processeurs d'UP 2.

D'ores et déjà on peut considérer trois grands types de configuration utilisant des matériels différents :

a) Une configuration avec deux ordinateurs centralisés couplés relativement puissants sur lesquels convergent toutes les informations brutes fournies par les convertisseurs A.N. des différentes unités de production.

b) Une configuration avec des miniordinateurs dans chaque unité de production reliés à un maître ordinateur.

c) Une configuration avec un ordinateur relativement puissant dans chaque unité de production.

En ce qui concerne les constructeurs ceux-ci sont en mesure de proposer des ordinateurs plus ou moins puissants et plus ou moins bien adaptés à la conduite d'un procédé.

Quoiqu'il en soit les prix peuvent varier pratiquement du simple ou double suivant les options choisies.

C'est ainsi que pour un système à 1500 voies de mesure (correspondant à une usine de 1500 T/an de traitement de combustibles) les prix peuvent varier de :

- 3 000 000 à 7 000 000 F pour le Hardware
- 500 000 à 800 000 F pour le Software
- 500 000 à 1 000 000 F pour l'aménagement général.

Pour l'option la moins chère on obtient un coût de 4 000 000 F environ.

Si l'on rapporte ce prix au coût estimé d'une usine de 1 500 T/an soit 500 MF environ, on note que l'aménagement informatique revient à moins de 1 % du coût de l'équipement total.

Dans l'avenir, ce pourcentage ne devrait pas augmenter bien au contraire (augmentation du coût de construction des usines).

En effet, une étude récente sur l'évolution des prix des matériels (en particulier pour les Unités Centrales) laisse présager une diminution très sensible - 28 % environ de ces prix grâce à une baisse des composants électroniques (voir en Annexe n° 1 un résumé de cette étude).

2.3.1.2 - Comparaison des solutions "achat" ou "location"

Si les périphériques sont essentiellement vendus, il n'en est pas de même des unités centrales dont l'acquisition peut être faite par "achat" ou "leasing".

Dans le cadre des études du remplacement des processus d'UP 2, la société IBM a bien voulu étudier pour nous la comparaison des solutions "achat" et "location".

Les conclusions de cette étude figurent en Annexe n° 2. Elles montrent que financièrement la solution Achat est la plus valable dans le cas des types de matériels exigés pour une usine de TCI.

En effet, nous avons vu au chapitre I que les demandes en traitements d'informations nécessaires, une fois fixé le procédé, évoluent peu dans le temps qualitativement et quantitativement. De ce fait une usine de traitement des combustibles irradiés, pourvu que la fiabilité du matériel soit conservée pendant 10 ans minimum, n'exige pas des matériels de performances sans cesse accrus (ce qui est le cas des grands calculateurs scientifiques pour lesquels le "surprix" représenté par la location est largement compensé par les facilités de remplacement des matériels techniquement dépassés par des matériels plus performants).

2.3.1.3 - Coût d'exploitation d'un système informatique

Il comprend deux parties :

- L'Amortissement : compte tenu à la fois de la fiabilité des matériels et de la rapidité d'obsolescence des technologies informatiques, il semble raisonnable de tabler sur un amortissement technique entre 7 et 8 ans.

Au-delà le constructeur risque de ne plus pouvoir assurer le remplacement

des pièces défectueuses sauf en cas de contrat spécial donc onéreux.

La charge annuelle serait alors de $\frac{4000}{8} = 500$ KF soit environ 1 % des frais fixes d'une usine de 1500 T/an.

- Le fonctionnement qui comprend :

- . Le personnel d'exploitation des unités centrales
- . Les frais de maintenance (en général par contrat passé avec le constructeur pour un forfait pièces de rechange et main-d'oeuvre).

L'ensemble de ces dépenses représente environ 600 KF/an soit un peu plus de 1 % des frais fixes d'une usine de 1500 T/an.

Globalement le coût d'exploitation d'un système informatique dans une usine de Traitement de combustibles irradiés de 1500 T/an est donc inférieur ou égal à 2 % des frais fixes annuels soit entre 1,5 et 2 % du coût d'exploitation total de l'usine.

2.3.1.4 - Coût et intérêt économique de l'automatisation

Pour une automatisation réalisée par pilotage du point de consigne par un ordinateur, l'accroissement de dépenses à prévoir est pour une voie de mesure d'environ 400 à 450 F. Ce qui donne les prix globaux suivants :

Voie de mesure 2 seuils non automatisée :	2 700 F
Automatisation	: 450 F
Total	3 150 F

Cet accroissement de dépenses de 450 F/voie de mesure est compensée par les économies que l'automatisation permet de réaliser en matière de main d'oeuvre :

- d'exploitation (surtout si toutes les informations traitées sont regroupées dans une salle de contrôle unique),
- de laboratoires de contrôle de marche du procédé (dans la mesure où des capteurs en ligne convenables ont pu être mis en place).

Par ailleurs en ce qui concerne les charges de main d'oeuvre de maintenance, elles ne se trouvent pas augmentées par une automatisation poussée du procédé en raison de la fiabilité sans cesse accrue des systèmes informatiques utilisés, comme on le verra dans le tableau ci-après.

2.3.2 - Coût d'un système conventionnel

Pour un système conventionnel comprenant par exemple 250 voies de mesure le prix d'acquisition de la voie de mesure équipée à deux seuils (chaîne de mesure non comprise) revient en francs 73 H.T.

Système Marcoule	: 3 350 F
Système moderne (SCES)	: 2 600 F

Par ailleurs le coût de la maintenance correspondant à cet équipement revient à 720 F/an par voie de mesure dans un système type Marcoule.

Le coût d'amortissement annuel pour une durée d'amortissement de 8 ans serait de 325 F.

2.3.3 - Comparaison économique des systèmes informatique et conventionnel

Cette comparaison est effectuée pour :

Une voie de mesure à 2 seuils (chaîne de mesure non comprise).

S y s t è m e		Equipement (en F)	Exploitation (F/an)	
			Fonctionnement	Amortissement en 8 ans
conven- tionnel	Cas Marcoule (250 voies)	3 350	720	420
	Cas SCES	2 600	< 720	325
Informatique	Cas AT 1 (250 voies)	2 000	260	250
	Cas UP 2 (1500 voies)	2 700	400	330
	Cas UP 2 automatisé	3 150	400	380

Le tableau ci-dessus montre que les coûts des systèmes utilisant des technologies conventionnelles ou informatiques sont du même ordre de grandeur avec cependant un avantage au système informatique, puisque même avec l'automatisation, on reste inférieur au prix d'un système conventionnel.

2.4 - CONCLUSIONS

Les comparaisons techniques et économiques entre les systèmes conventionnels et Informatique mettent en évidence des avantages indiscutables pour le système Informatique.

En effet pour des coûts du même ordre de grandeur, et même légèrement inférieurs, tant en équipement qu'en fonctionnement, le système informatique permet :

- des performances améliorées des procédés
- une sécurité accrue de fonctionnement des installations
- une diminution des charges d'exploitation.

En conclusion, un système de contrôle informatique permettant d'assurer une automatisation poussée des procédés devra donc en tout état de cause être mis en oeuvre dans les usines de traitement des combustibles irradiés toutes les fois que ce sera possible techniquement (problème des capteurs).

C'est ce que le Groupe de Travail a examiné à travers les cas particuliers des usines UP 1 et UP 2 et d'une future usine à construire dans quelques années.

Chapitre III

MISE EN PLACE D'UN SYSTEME INFORMATIQUE DANS UNE USINE DE TRAITEMENT DES COMBUSTIBLES IRRADIES EXISTANTE

3.1 - CONSIDERATIONS GENERALES

On peut être amené à mettre en place pour la conduite d'un procédé d'une usine existante, un système informatique total ou partiel, dans les cas suivants :

- Remplacement d'un matériel conventionnel (périmé ou non périmé)
- Remplacement d'un matériel informatique préexistant (périmé ou non périmé) par un matériel plus performant
- Mise en place de l'Équipement contrôle de nouvelles unités.

Ces cas sont évidemment très différents et l'intérêt d'utiliser ou non un système informatique peut varier d'un cas à l'autre.

Il conviendra donc dans chaque cas particulier d'analyser :

- d'une part ce que l'on attend réellement de la mise en place d'un système informatique (pourquoi faire ?)
- d'autre part se poser les questions suivantes :
Cette mise en place est-elle possible ?, Est-elle nécessaire ?, Est-elle souhaitable économiquement ?.

Si la réponse à ces trois questions est positive, il faudra alors examiner les points suivants.

Quelle est la meilleure configuration possible dans le cas étudié ?

Entend-on déboucher ultérieurement vers une automatisation poussée voire l'optimisation du procédé ?

Remarque : Avant de passer à l'étude des cas précis d'UP 1 et d'UP 2, on peut d'ores et déjà affirmer que :

"La restitution des informations fournies par les transmetteurs conventionnels peut toujours être transférée d'un système conventionnel d'enregistrement sur un ordinateur".

3.2 - POSSIBILITES D'UTILISATION DE L'INFORMATIQUE DANS UP 1

3.2.1 - Situation actuelle

A l'origine de l'usine, le système d'acquisition de données et de régulations était strictement conventionnel, pneumatique et électrique.

Dans les années 1965-1966, la construction de nouveaux ateliers, la

création de nouveaux types de mesures et l'implantation de nouvelles chaînes de mesures dans les ateliers existants a entraîné une augmentation du nombre de points de mesure.

La centralisation des informations procédé s'est alors avérée nécessaire tant pour des raisons économiques que pour des facilités d'exploitation. L'implantation de centralisateurs de mesure MORS à logique câblée dans les ateliers, a été la solution choisie à cette époque.

Sur le plan automatisation, il faut noter que certains centralisateurs de mesure déclenchent à partir de détections de passage de seuils, des opérations séquentielles par l'intermédiaire d'un pupitre de commande câblée.

A partir de 1968, la nature même des mesures que l'on désirait centraliser exigeant l'élaboration de calculs et en outre l'arrivée sur le marché de systèmes informatiques économiquement plus rentables ont amené UP 1 à utiliser des petits calculateurs (DEC - PDP 8) comme centralisateurs de données dans certaines unités. Ces systèmes permettent de centraliser et de convertir en grandeur physique les mesures prises en compte ; ils assurent en outre la surveillance des franchissements de seuils affichables en unités physiques par l'opérateur, l'impression d'un journal suivant un cycle prédéterminé ou sur une demande manuelle, et des fonctions annexes (surveillance spéciale, dialogue avec l'opérateur par pupitre...).

3.2.2 - Perspectives futures

Dans une année proche, le remplacement des centralisateurs en logique câblée MORS, encore en service doit être envisagé (saturation et obsolescence des matériels).

Par ailleurs, les problèmes d'exploitation conduisent à étudier le regroupement des informations.

Une étude a été entreprise par le Centre de Marcoule afin de définir la configuration informatique répondant le mieux aux besoins, compte tenu des contraintes inhérentes aux installations, afin de mettre en place dans le courant des années 1974-1976 des systèmes industriels modernes de traitement de l'information.

Remarque : Ces études ne sont citées qu'à titre indicatif, le groupe de travail n'ayant pas été chargé d'examiner le problème du remplacement des systèmes en service à Marcoule dans UP 1.

Toutefois le jour venu le groupe de travail serait prêt si on le lui demandait, à étudier ce problème (comme il l'a fait pour UP 2) afin d'aider le Centre de Marcoule à définir le système le mieux adapté à ses besoins.

3.3 - POSSIBILITES D'UTILISATION DE L'INFORMATIQUE DANS UP 2

3.3.1 - Situation actuelle

3.3.1.1 - En matière de traitement et de restitution des informations

En 1964 dès la conception d'UP 2, le service constructeur a retenu le système informatique pour assurer le traitement et la restitution des informations ce qui représentait une grande innovation à l'époque pour une usine chimique.

Le système repose sur l'utilisation de processeurs CAE 3030 installés dans

chacune des trois grandes unités nucléaires d'UP 2 : le bâtiment HA, le bâtiment PF, le bâtiment MA.

Ces processeurs, mis en service en 1964/65, relèvent d'une technologie ancienne (1ère génération, composants semi-conducteurs au germanium, logique câblée permettant des conversions simples, pas d'unité de calcul). La construction de ce matériel a été rapidement et complètement abandonnée par CII pour faire place aux matériels de 2ème et 3ème générations. De ce fait, le constructeur ne fournit plus depuis plusieurs années les composants de rechange indispensables à la maintenance de ce matériel.

De plus, la capacité d'entrée de chacun de ces processeurs portée à son maximum au cours des trois dernières années (300 voies d'entrées analogiques) est déjà pratiquement insuffisante et ne permettra pas la prise en charge des extensions prévues dans les programmes futurs (3ème cycle U - Préparation U IV - Stockage PF, etc...).

Remarque : il a d'ailleurs été nécessaire pour faire face aux besoins du bâtiment MA de faire prendre en charge les informations de l'atelier MaPu par un mini-ordinateur PDP 8.

Quoiqu'il en soit, la fiabilité de ces processeurs, si elle est actuellement acceptable suite aux modifications importantes apportées à leur technologie, n'est toutefois pas compatible avec les critères de sécurité requis pour une utilisation future (problèmes découlant du traitement oxyde, tonnages à traiter, durée des campagnes, concentration élevée en Pu, etc...). En tout état de cause, ces processeurs devront fonctionner jusqu'en 1975/76 où ils atteindront une durée de vie de plus de dix ans.

Nota : Outre les processeurs 3030 opérant sur le procédé, UP 2 dispose de 2 ordinateurs CAE 510 (de la même génération que les 3030) utilisés l'un pour des études de gestion, de corrélation et d'automatisation, l'autre pour le dépouillement et le traitement en temps réel des analyses de spectromètre de masse.

3.3.1.2 - En matière d'automatisation

Des études ont été effectuées dans ce domaine en 1967/68 à UP 2.

L'implantation d'un ordinateur CAE 510 directement relié aux processeurs 3030 et l'existence, à l'origine, de capteurs et de transmetteurs électroniques ont autorisé des essais.

La conduite automatique par pilotage des points de consigne des chaînes de régulation analogiques PID a été appliquée au niveau de l'extraction III de la Moyenne Activité avec de bons résultats. Il faut noter que cette unité avait été choisie du fait que les mesures existantes étaient suffisamment nombreuses et représentatives. Compte tenu des connaissances aléatoires à cette époque des modèles mathématiques, la voie choisie pour l'automatisation a été la programmation et l'application stricte des "cahiers de consignes" existants et la recherche en pas à pas des valeurs de réglage optimales. L'expérience acquise a permis l'étude d'une automatisation totale de cette unité.

Toutefois, ces études et essais ont démontré qu'une généralisation de l'automatisation serait très difficile voire impossible dans les unités où les mesures

en ligne nécessaires n'ont pas été implantées à l'origine.

En effet les contraintes technologiques ou la radioactivité interdisent dans beaucoup de cas la mise en place de nouveaux capteurs. En outre, le problème des capteurs "en ligne", pour les mesures de chimie nucléaire en particulier, n'a pas trouvé de solutions suffisamment fiables. Dans ces conditions, ces mesures devront être effectuées "hors ligne" par les laboratoires et introduits en différé dans l'ordinateur.

3.3.2 - Projet de remplacement des processeurs d'UP 2

3.3.2.1 - Exposé des motifs

Il est nécessaire de prévoir le remplacement des processeurs CAE 3030 installés depuis l'origine à UP 2 en raison de :

- . l'obsolescence de ces matériels de 10 ans d'âge
- . leur capacité insuffisante pour faire face aux besoins des unités nouvelles (HAO, Aménagement UP 2 pour traitement des oxydes)
- . leur fiabilité limitée.

En outre pour assurer la sécurité de fonctionnement du procédé, l'établissement des bilans et des Hold up Pu devra pouvoir être assuré en permanence de façon cyclique à partir des mesures "temps réel" du procédé et des résultats d'analyse par une unité de calcul.

Pour ces différentes raisons, les responsables des Services de Production ont été amenés à envisager la mise en place, dans le courant des années 1974/1976 de systèmes industriels modernes de traitement de l'information en remplacement des processeurs 3030.

3.3.2.2 - Etude de la configuration à retenir

(Réf : Notes Techniques LH/P/CI n° 1, 3 et 4).

La configuration Hardware et Software du système doit permettre :

- a) Dans un premier temps :
 - le traitement numérique des mesures du Procédé - Data logging (1500 voies d'entrées).
 - L'élaboration de calculs scientifiques simples (calculs de bilans, corrélation de variables, etc...).
- b) Dans un deuxième temps :
 - la conduite automatique d'unités ou de parties d'unités nucléaires :
 - . Automatisation séquentielle T.O.R.
 - . Asservissements ou commandes d'organes réglés (vannes, pompes, etc...)
 - . Asservissement des points de consigne des chaînes de régulation PID analogiques (pilotage)
 - . Régulation numérique directe (D.D.C.)
 - . Régulation optimale.

Dans le courant de l'année 1971, des études ont été entreprises sur différentes configurations de systèmes, en fonction des deux critères Sécurité et Rentabilité.

Quatre configurations ont été proposées :

Option 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.) (cf. note technique LH/P/CI n° 1 du 30.12.71).

Option 2 : Mise en place dans chaque grande unité nucléaire d'un mini ordinateur autonome, pour son unité, la mission de data logging. Ces mini calculateurs sont reliés à un maître calculateur chargé d'assurer la conduite automatique et les calculs spécifiques pour l'ensemble des unités nucléaires. La reprise en secours d'un des mini calculateurs par ce maître calculateur peut être envisagée.

Option 3 : Dans les cinq unités nucléaires sont implantées les chaînes analogiques/numériques d'acquisition des mesures. Ces cinq chaînes analogiques/numériques sont reliées à un système centralisé doté de deux unités ordinateur.

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 Hardware et Software des deux unités centrales permet le passage en "Automatique" de l'une à l'autre.

Cf. note technique LH/P/CI n° 3 d'Août 1972.

Option 4 : Mise en place de trois ordinateurs connectés aux unités nucléaires suivant un plan fonctionnel et d'après leur situation géographique :

Système n° 1

- . Ensemble analogique/numérique HAO
- . Ensemble analogique/numérique HA
- . Une unité ordinateur commune à ces deux ensembles.

Système n° 2

- . Ensemble analogique/numérique MAU
- . Ensemble analogique/numérique MaPu
- . Une unité ordinateur commune à ces deux ensembles.

Système n° 3

- . PF : Ensemble analogique/numérique et calculateur autonome.
(Cf. note technique LH/P/CI n° 4 du 8 janvier 1973).

La figure n° 2 donne une représentation schématique de ces 4 configurations. Le tableau n° 1 résume leurs avantages et leurs inconvénients techniques respectifs.

Le tableau n° 2 donne la comparaison des coûts d'équipement correspondants.

Après avoir examiné toutes ces données et considéré en particulier que le "surprix" de l'option 3 justifie amplement l'augmentation de disponibilités et de sécurité du système, le Groupe de Travail recommande de retenir la configuration utilisant deux ordinateurs couplés pour le remplacement des processeurs CAE 3030 d'UP 2.

DIFFERENTES CONFIGURATIONS ETUDIEES

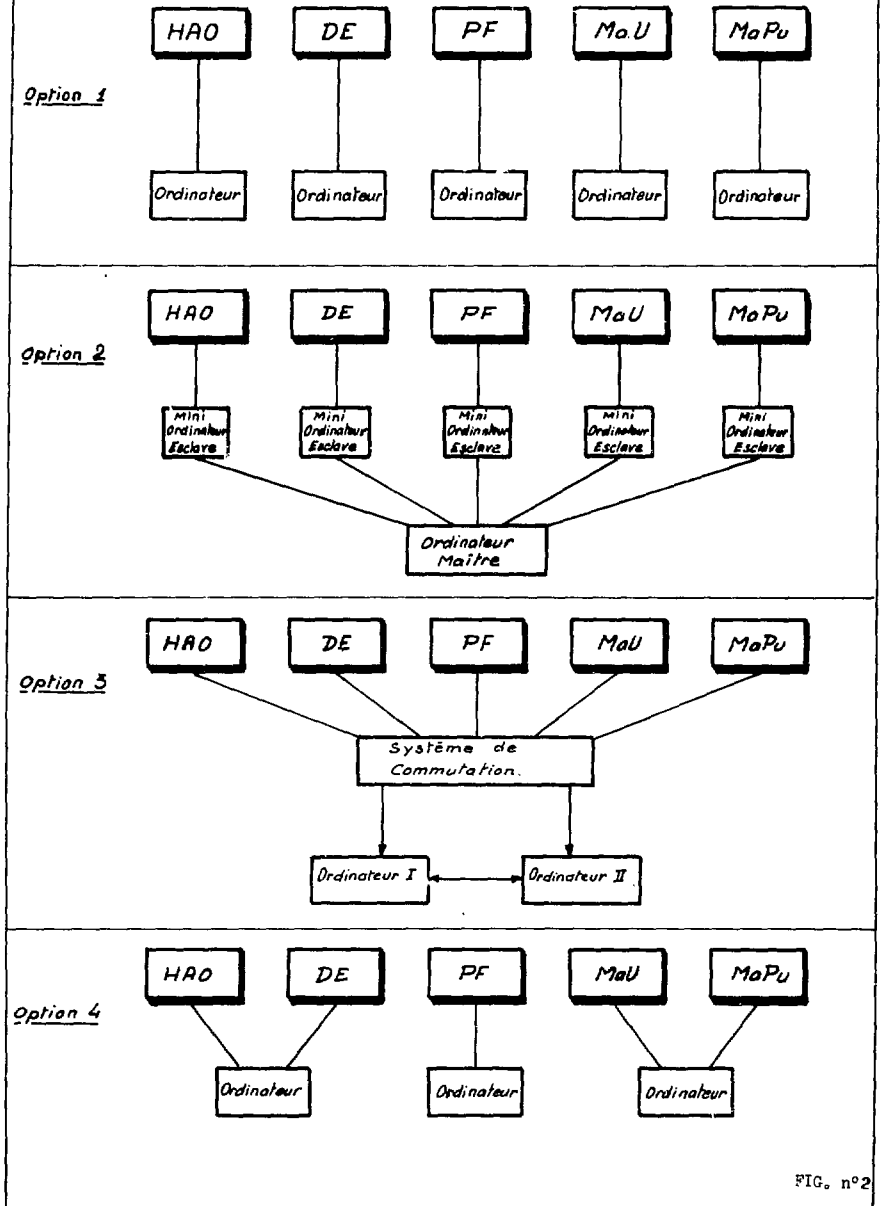


FIG. n°2

Tableau n° 1

SYSTEMES	AVANTAGES	INCONVENIENTS
<u>OPTION 1</u> Cinq calculateurs autonomes	-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 Télémécanique).	-Prix élevé - Redondance des unités centrales. -Pas de possibilité de <u>re-prise 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.)
<u>OPTION 2</u> Mini calculateurs plus maître calculateur	-Data logging directement accessible aux exploitants. -Reprise en secours d'un mini calculateur par le maître calculateur, pas d'arrêt de l'unité nucléaire.	-Prix très élevé pour l'instant. -Liaison à longue distance. -Software spécifique au niveau du maître calculateur.
<u>OPTION 3</u> Système centralisé à deux calculateurs	-Rapport prix/performance très bon. -Souplesse d'exploitation. -Reprise en secours immédiate, <u>pas d'arrêt</u> des unités nucléaires. -Meilleure garantie de sécurité.	-Liaisons à moyenne et longue distances. -Software spécifique.
<u>OPTION 4</u> Système regroupé à trois calculateurs	-Prix moins élevé (le plus bas des quatre configurations). -Mémoire active et mémoire support allégées. -Adaptation directe du Software industriel.	-Liaison à moyenne distance. -Pas de possibilité de <u>re-prise en secours</u> . En cas d'arrêt d'un calculateur, arrêt de deux unités nucléaires.

Tableau n° 2 - Comparaison des coûts des différentes options
(Rapportés à 1 voie de mesure).

Configuration n° 1	2500 à 2800 F la voie de mesure selon la capacité de l'ordinateur.
Configuration n° 2*	3200 F la voie de mesure
Configuration n° 3	2700 F la voie de mesure
Configuration n° 4	2340 F la voie de mesure

* Estimée dans le même matériel que les autres configurations.

3.3.2.3 - Perspectives futures en matière d'automatisation

Des considérations techniques et financières conduisent à n'envisager au départ que la réalisation des fonctions de "data logging" et d'élaboration de calculs scientifiques simples.

Cependant après 1976, la configuration retenue permettra au fur et à mesure des besoins et des possibilités, d'automatiser en tout ou partie certaines unités.

Bien qu'éminemment souhaitable pour des raisons de sécurité et d'économie, cette généralisation de l'automatisation se trouvera toutefois limitée par :

- La difficulté de trouver sur le marché des capteurs adéquats et la possibilité de les mettre en ligne sur les installations.

- Les lacunes dans la connaissance des procédés et les possibilités d'élaborer des modèles mathématiques pour les différentes opérations.

3.4 - CONCLUSIONS

L'utilisation pour la conduite du procédé des usines de Traitement de combustibles irradiés de systèmes informatiques utilisant des ordinateurs industriels est possible dans tous les cas si elle est limitée à l'acquisition et à la restitution des données.

Pour apprécier si cette utilisation est souhaitable techniquement et économiquement, une analyse des besoins et des configurations possibles doit être faite dans chaque cas particulier.

Pour UP 1, le Groupe de Travail pourra apporter le jour venu son concours à la définition de la configuration à retenir.

Pour UP 2, le Groupe de Travail recommande pour remplacer les processeurs 3030 une configuration à deux ordinateurs centralisés permettant d'assurer dans un premier temps le data logging et des calculs simples, et dans un deuxième temps une automatisation de certaines séquences et de certaines unités en fonction des possibilités techniques.

* De toutes manières la configuration choisie grâce aux études de corrélation qu'elle autorise sera d'un atout déterminant dans la recherche d'une meilleure connaissance du procédé.

Chapitre IV

MISE EN PLACE D'UN SYSTEME INFORMATIQUE DANS UNE NOUVELLE USINE A CONSTRUIRE

4.1 - CONSIDERATIONS GENERALES

Si pour une usine existante on peut être amené à se poser la question de savoir si l'utilisation de l'informatique est souhaitable, il n'en va pas de même dans le cas d'une usine à créer.

En tout état de cause cette usine nouvelle devra obligatoirement être équipée d'un système informatique pour la conduite du procédé afin de bénéficier de tous les avantages inhérents à cette technique.

Toutefois pour tirer le maximum de profit de ce choix, la conception de l'usine devra répondre à un certain nombre de critères.

4.2 - CARACTERISTIQUES ET CONCEPTION DE L'USINE A CONSTRUIRE

Les caractéristiques générales de cette usine sont supposées être les suivantes :

Date de lancement	: 1976 - 1977
Date de mise en service	: 1981 - 1982
Durée de vie minimum	: 20 ans
Capacité	: 1500 T/an de combustibles Eau légère (PWR et BWR)
Fonctionnement	: 300 jours/an.

La conception de l'usine devra s'inspirer des principes suivants :

Encombrement : La configuration des installations devra permettre la réalisation d'un ensemble compact.

Salle de contrôle : Les pupitres de contrôle et de commande seront rassemblés dans une salle de contrôle unique aussi bien pour la conduite des unités de production que pour la surveillance des unités de services généraux (Radioprotection, Utilités etc...).

Schéma de fonctionnement : Il devra être étudié pour permettre une conduite automatique poussée voire optimisée (choix des paramètres, nombre des points de mesure, volumes des stockages intermédiaires...). Cette automatisation pourra d'ailleurs ne se faire que de proche en proche au fur et à mesure des progrès enregistrés dans la connaissance du procédé et la fiabilité des capteurs.

Instrumentation contrôle : Dans la gamme des appareils disponibles sur le marché, on choisira les capteurs en ligne offrant les plus grandes garanties de fiabilité. Leur mise en place devra être étudiée pour permettre des réparations ou des remplacements aisés.

Des possibilités de doublements éventuels devront être prévues (cannes de bullage, prises d'échantillon...).

Des emplacements seront réservés pour la mise en oeuvre de capteurs futurs non disponibles sur le marché au moment de la construction.

Appareillage procédé : La technologie des appareillages procédé et des organes de réglage devra être déterminée pour permettre leur conduite automatique (pas de contrôle visuel).

4.3 - POSSIBILITES DU SYSTEME INFORMATIQUE

Le système informatique de contrôle devra permettre en matière de :

- Acquisition des informations

- . l'acquisition et la centralisation des mesures,
- . la surveillance de seuils assurant la signalisation de défauts et éventuellement d'asservissements,
- . l'acquisition de données Tout ou Rien,
 - informations correspondant à des positions ou des changements d'état d'équipement (fin de course, contact de marche de pompes...)
 - informations données par des capteurs Tout ou Rien (pressostats sondes de niveau...).

- Traitement des informations

- . le traitement des mesures et leur restitution, en unités physiques, sur machines imprimantes ou écrans de visualisation,
- . le dialogue exploitant-calculateur,
- . l'élaboration de calculs spécifiques (bilans, etc...).

- Automatisation

- . la commande d'opérations séquentielles définies par un cahier de consignes et déterminées par une programmation appropriée.
(pour exemple : le démarrage ou l'arrêt programme des unités),
- . la régulation automatique et, suivant les connaissances acquises sur le procédé, modèles mathématiques notamment, la régulation optimale.

4.4 - CHOIX DE LA CONFIGURATION ET DU MATERIEL

On s'orientera vers la mise en place de mini ordinateurs, assurant en autonome la mission de data logging et partiellement la conduite automatique (commandes séquentielles) pour l'unité où ils seront implantés.

Ces mini ordinateurs seront reliés et contrôlés par un "maître ordinateur" chargé d'assurer la conduite générale et centralisée du procédé, les calculs spécifiques, bilans, etc...

Le couplage Hardware et Software au maître ordinateur devra permettre la

reprise en secours de l'un ou plusieurs mini ordinateurs en cas de défaillance ou d'arrêts techniques.

Dans la mesure des possibilités, on utilisera pour la liaison calculateurs Procédé (signalisation, asservissements, commande séquentielle) des interfaces programmables à éléments modulaires, compacts et de haute fiabilité, ce qui ajoutera encore une plus grande souplesse d'exploitation en "local" et déchargera les calculateurs de l'enchaînement logique de certaines actions de commande.

Dans le choix de la configuration, il faudra exiger du constructeur que son matériel reste compatible avec l'évolution rapide du secteur informatique au moins pendant dix ans et qu'il s'engage à en assurer le maintien des performances initiales pendant cette même période.

Pour une durée de vie de l'usine de 20 ans on aurait ainsi un renouvellement du système informatique à prévoir. Une telle opération peut se réaliser aisément pendant un arrêt technique de l'Usine.

4.5 - CONCLUSIONS

La conduite du procédé d'une usine nouvelle à lancer dans les trois ans devra être obligatoirement basée sur l'utilisation d'un système informatique.

La conception de l'usine, le choix des appareillages devront être déterminés dans la perspective d'une automatisation poussée des installations réalisée de proche en proche en fonction des possibilités techniques et technologiques.

Le constructeur du matériel informatique devra pouvoir garantir le fonctionnement et la maintenance de son système pour une durée de dix ans.

RESUME ET CONCLUSIONS

Les Usines de Traitement des Combustibles Irradiés ont par rapport à d'autres usines chimiques des contraintes supplémentaires particulièrement lourdes, en matière de sécurité notamment.

Ces contraintes se traduisent par la nécessité d'exploiter un réseau d'informations très vaste et très diversifié et d'assurer un facteur de charge élevé pour les installations.

Pour faire face à ces contraintes, les systèmes de contrôle informatique offrent des solutions meilleures techniquement que les systèmes conventionnels sans pour autant nécessiter des charges supplémentaires bien au contraire.

En particulier l'informatique permet l'amélioration des procédés, l'accroissement de la sécurité de fonctionnement, la diminution des charges d'exploitation et surtout un débouché vers l'automatisation voire la conduite optimale.

En tout état de cause la mise en place d'un système de contrôle informatique permettant l'automatisation plus ou moins complète du procédé représente moins de 1 % du coût d'investissement global d'une usine... Le coût de l'exploitation correspondant (fonctionnement et amortissement) représente moins de 2 % des charges d'exploitation globales de l'usine.

Dans le cadre de ces dépenses globales l'automatisation ne représente qu'une part faible largement compensée par les avantages techniques et économiques nombreux qu'elle peut offrir en permettant une diminution des charges fixes liées à la main d'oeuvre d'exploitation.

Toutefois les possibilités en ce domaine restent à l'heure actuelle limitées par des connaissances insuffisantes des paramètres régissant le procédé (manque de modèles mathématiques) et la non disponibilité de certains types de capteurs.

Pour tirer le meilleur parti de ces avantages, on a donc intérêt à mettre en place les systèmes informatique dans les usines de Traitement des combustibles irradiés.

Dans les usines existantes si cette mise en place totale ou partielle est toujours possible, seule une étude détaillée cas par cas permettra de déterminer si elle est nécessaire et souhaitable économiquement (matériel en place non complètement amorti).

Pour UP 1 cette étude reste à faire.

Pour UP 2 le Groupe de Travail a approuvé le projet de remplacement des processeurs 3030 proposé par le Centre de La Hague et examiné les avantages et inconvénients des différentes configurations envisagées.

Sur ces recommandations le projet de remplacement a été lancé.

Pour une usine nouvelle à construire, il faudra obligatoirement faire appel au système informatique pour le contrôle du procédé. L'usine devra donc être conçue en conséquence et en particulier être aisément adaptable de proche en proche à une éventuelle automatisation poussée voire à une conduite optimale totale ou partielle du procédé.

ANNEXE I

EVOLUTION PROBABLE DES MATERIELS INFORMATIQUES

Les éléments que l'on trouvera ci-après sont extraits de :

- TECHNOLOGIE DES CIRCUITS ELECTRONIQUES LOGIQUES
1970 - Rapport DCE/SACLAY N° 461 - FABRE J.C.
- C.R. DES JOURNEES D'ETUDES SUR LES RECHERCHES EN STRUCTURES
DE MACHINES ET ARCHITECTURE DE SYSTEMES
I.R.I.A. - 1973.

1 - HISTORIQUE

Les générations de calculateurs électroniques ont suivi l'évolution technologique des composants et des circuits. On peut ainsi reconnaître (Figure 1) :

- la génération de la lampe électronique (1ère génération)
- la génération du transistor (2ème génération)
- la génération du circuit intégré (3ème génération).

D'une génération à l'autre on a pu noter un gain quelquefois considérable sur :

- LA FIABILITE
- LA VITESSE
- LA MINIATURISATION
- LA COMPLEXITE
- LA CONSOMMATION
- LE PRIX

1.1 - Fiabilité : peut être chiffrée par ce que les Américains appellent le MTBF = Mean Time Between Failures, que l'on peut traduire par moyenne des temps entre pannes ou encore, pour conserver le sigle, Moyenne des Temps de Bon Fonctionnement.

Le progrès dans ce domaine a été considérable, le MTBF d'un calculateur moyen de la première génération était de l'ordre de 5 à 10 minutes, il est aujourd'hui pour ceux de la troisième génération supérieur à 1000 heures.

Ce gain considérable est dû principalement au changement de technologie entre le tube électronique et le transistor d'une part, puis le transistor et le circuit intégré d'autre part. Par principe même, le tube électronique à vide ne pouvait être fiable, les électrons étaient émis par une cathode chauffée à l'aide d'un filament électrique, chaque mise sous tension provoquant un choc thermique qui endommageait l'étanchéité des soudures verre métal. La diminution des connexions et des soudures dans les circuits intégrés a encore amélioré la fiabilité dans la troisième génération. On peut penser qu'avec la quatrième génération, qui utilisera la technologie des circuits intégrés à grande échelle, la fiabilité augmentera encore dans des proportions non négligeables.

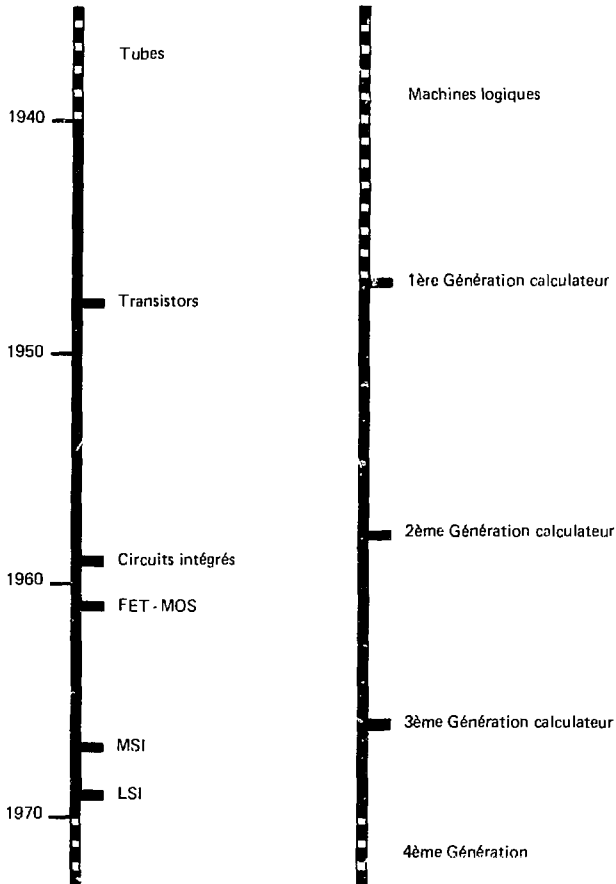


Figure 1

MSI = Medium Scale Integration
LSI = Large Scale Integration

FET = Field Effect Transistor
MOS = Metal Oxyde Semi conductor

1.2 - Vitesse : les temps de commutation des circuits logiques sont passés de quelques 10^{-6} secondes pour la première génération à quelques 10^{-9} secondes pour la troisième génération.

1.3 - Miniaturisation : une fonction logique déterminée réalisée à l'aide de tubes (première génération) est représentée figure 2 sous la forme d'une baie. La même fonction réalisée, à l'aide de transistors tiendrait dans un tiroir de baie, sur une carte avec des circuits intégrés et enfin on peut imaginer que cette même fonction tiendrait dans un boîtier de 25 mm de côté si elle était conçue dans un circuit intégré à grande échelle.

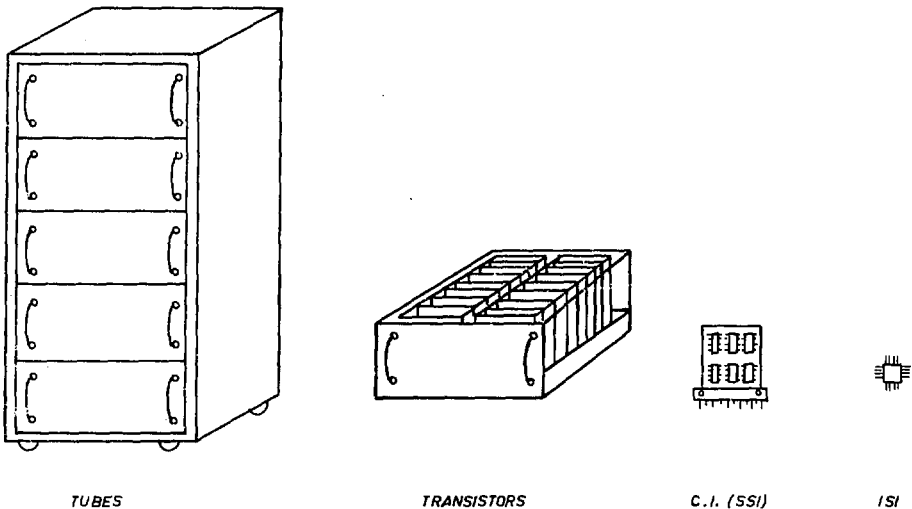


Figure 2

1.4 - Complexité : augmentation du nombre de fonctions logiques élémentaires. La croissance de la complexité a été rendue possible grâce à l'amélioration de la fiabilité. En effet, un ordinateur réalisé avec la technologie à tubes et ayant la complexité d'un ordinateur tel que le 360-91 IEM n'aurait probablement jamais marché, son MTBF aurait été pratiquement nul.

1.5 - Consommation : la consommation a diminué d'un facteur 100. Elle est passée de 100 mA pour un tube à environ 1 mA pour un circuit intégré. Elle sera encore diminuée d'un facteur 10 avec l'utilisation des logiques à transistors MOS. Le gain ainsi réalisé n'est pas négligeable car si l'économie en consommation électrique est secondaire, par contre l'économie dans le système de refroidissement et de climatisation est très importante.

1.6 - Prix : le prix du circuit logique élémentaire a baissé mais nous verrons ci-dessous que la répercussion sur le prix du système complet installé est très faible.

2 - PROBLEMES POSES PAR CES NOUVELLES TECHNIQUES

L'évolution de la technologie entraîne des modifications importantes dans les techniques de fabrication et de conception.

Au cours des différentes étapes de cette évolution on a vu disparaître les fabricants de composants, puis les fabricants de sous-ensembles au profit d'un seul fabricant réalisant d'un seul coup dans un même boîtier un sous-ensemble intégré prêt à être utilisé par le logicien (voir Figure 1).

	2ème GENERATION	3ème GENERATION	4ème GENERATION
Fabricants de composants passifs	Résistances Condensateurs cartes, connecteurs, etc...	C.I. (SSI)	C.I. (MSI / LSI)
Fabricants de composants actifs	Transistors Diodes		
Fabricants de matériel électronique	Circuits de base Portes, bascules, etc...	Sous ensembles	Appareils électroniques
	Sous ensembles Registres, codeurs etc...		
	Appareils électroniques	Appareils électroniques	
Fabricants de système complets	Systèmes	Systèmes	Systèmes

Figure 1

SSI Small Scale Integration
MSI Medium Scale Integration
LSI Large Scale Integration

L'ère de l'électronicien assemblant les différents composants pour réaliser "son" circuit est révolue. L'électronicien s'est transformé, dans le domaine informatique, en logicien concepteur, il exprime son besoin sous forme d'un schéma logique. Il regroupe ensuite les différentes fonctions logiques sous forme de sous ensembles de manière à optimiser son schéma en fonction du catalogue proposé par le fabricant de C.I.. Quand une étude doit aboutir à une réalisation importante en quantité le dialogue entre concepteur et fabricant doit s'établir très tôt au niveau de la préétude, le fabricant pourra alors proposer une réalisation à base de circuits spécifiques et par conséquent particulièrement optimisée.

Cependant ce dialogue est actuellement encore très difficile et demeure l'un des points critiques dans l'évolution de ces nouvelles techniques.

Dans l'avenir, grâce aux progrès réalisés en C A O, on peut penser que l'Informaticien ou le Logicien posera un problème de logique au calculateur, celui-ci soumettra un certain nombre de projets accompagnés de caractéristiques électriques, prix de revient, fiabilité, etc... et que la réalisation sera entièrement automatique : fabrication des circuits de base, masque, métallisation, encapsulage, test, conditionnement, sortie du produit fini avec notice.

Dans le domaine des applications directes de ces nouvelles techniques d'intégration à grande échelle, il n'est pas déraisonnable de penser que très rapidement (71 ou 72) on pourra réaliser une unité centrale de calculateur de moyenne importance sur quelques dizaines de circuits LSI.

Dans l'immédiat, il semble que ce soit dans le domaine des mémoires mortes (R.O.M.) et des mémoires rapides à lecture écriture (R.W.M.) utilisées en tampon que la technique LSI trouve son meilleur emploi.

Les mémoires à semi-conducteurs utilisent les techniques BIPOLAIRE et MOS. Il semble actuellement que la technique MOS soit préférée à la BIPOLAIRE en particulier pour la fabrication des mémoires mortes.

Dans le tableau ci-dessous on trouvera quelques indications sur le marché du MOST.

MSI / MOST	250 à 500 portes	0,5 F/bit
Registre à décalage	500 à 1000 bits	0,2 à 0,5 F/bit
Mémoire morte (accès séquentiel)	2000 à 4000 bits	0,025 à 0,05 F/bit
Mémoire morte (accès aléatoire)	250 à 600 bits	0,5 F/bit

La tendance actuelle est la suivante :

- Le nombre de transistors par circuit double tous les ans,
- Le prix de revient par opérateur est divisé par deux dans le même temps.

Il n'y a pas de limite actuellement à cette tendance grâce à la diminution de la taille des composants, l'augmentation du rendement des pastilles ainsi que l'amélioration continue des techniques de masque et d'implantation ionique.

Sur une même pastille on met environ quatre fois plus de bits en technique MOS qu'en technique BIPOLAIRE :

BIPOLAIRE	{	ECL 64 bits/CHIP	400 mw	20 ns
		TTL 256 bits/CHIP	200 mw	100 ns

Les prévisions de prix pour 1980 sont d'environ 0,5 centimes/bit pour le MOS et 1,5 centimes/bit pour le BIPOLAIRE.

Dès la fin de l'année 1971 les mémoires à semi-conducteurs devraient coûter le même prix que les mémoires à tores les moins chères, c'est-à-dire environ 5 centimes/bit.

On prévoit d'autre part qu'en 1980 le chiffre d'affaire mondial des mémoires sera de 3 milliards \$ se répartissant en 2 milliards \$ pour les mémoires à semi-conducteurs et 1 milliard \$ pour les mémoires magnétiques.

En ce qui concerne les mémoires de masse, il semble que les mémoires optiques puissent concurrencer les mémoires magnétiques malgré l'évolution de ces dernières notamment dans le domaine des densités, on parle en effet de 100 millions de bits/cm² pour les mémoires du type optoélectronique.

Il est indéniable que le prix de revient du matériel électronique devrait connaître une baisse spectaculaire dans les prochaines années. Mais il ne faut pas s'attendre à une répercussion importante de cette baisse sur le prix de vente du système complet livré au client. En effet, d'après IBM (voir les figures 2, 3 et 4) si l'on compare les prix de revient de deux U.C. l'une réalisée en CI-SSI - valeur ramenée à 100 au total - l'autre fabriquée en CI-LSI on remarque que la diminution de 30 % obtenue avec cette dernière technologie est principalement sensible sur les circuits logiques (21 %) et les mémoires spéciales (7 %). Si maintenant nous comparons le prix de revient de nos deux systèmes y compris les unités d'entrées/sorties (Figure 3) on voit que la diminution de prix n'est plus que de 18 %.

Enfin, si nous comparons les prix de revient globaux des deux systèmes informatique avec le hardware, le software et la maintenance (Figure 4), l'écart de prix n'est plus que de 7 % toujours en faveur de la technologie LSI. On peut donc dire que pour un utilisateur le prix de revient des machines variera peu mais par contre les services rendus seront plus grands - puissance et fiabilité accrues. Il semble cependant que dans le domaine des petites machines mini-ordinateurs que l'on peut fabriquer à un très grand nombre d'exemplaires, une baisse spectaculaire se dessine, particulièrement dans les machines de bas de gamme. Plusieurs constructeurs proposent, ou vont proposer, des petits calculateurs en technologie MSI pour des prix de vente se situant autour de 50 000 F.H.T. avec une mémoire de 4 K mots et un software de base suffisant. L'intégration fait apparaître des idées nouvelles sur la modularité et la structure de ces machines qui peuvent être réduites aux dimensions d'un tiroir, chaque module mémoire de 4 K ou fonction logique complexe se présentant sous forme d'une carte enfichable sur des connecteurs banalisés.

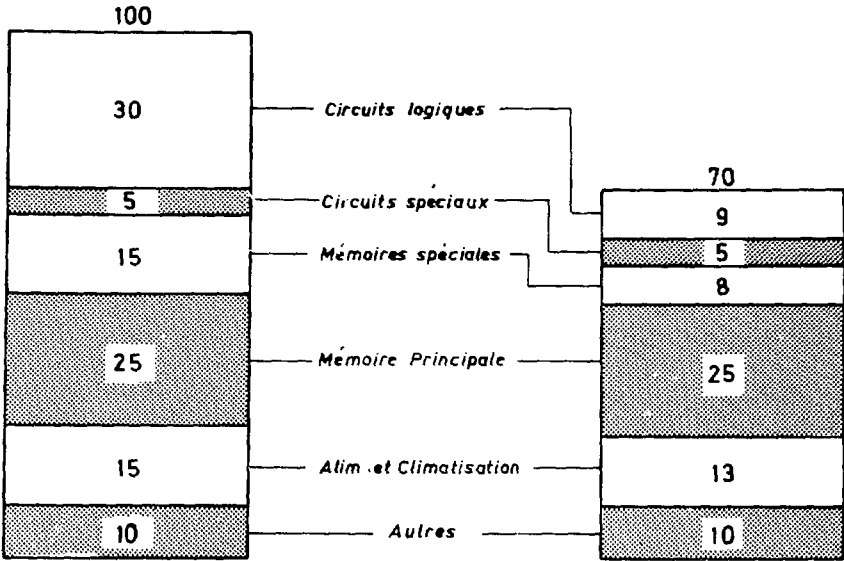


Figure 2 - Prix de revient d'une Unité Centrale
(d'après IBM Centre de Recherche Watson),

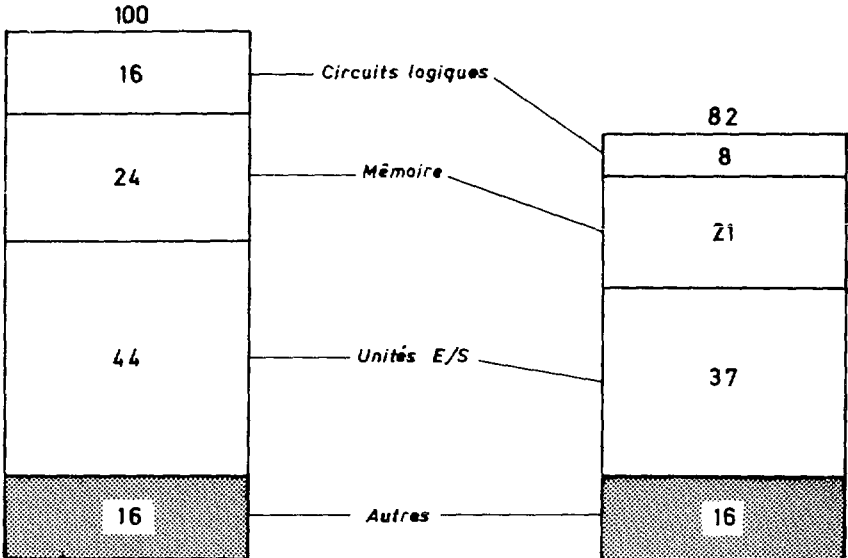


Figure 3 - Prix de revient Système

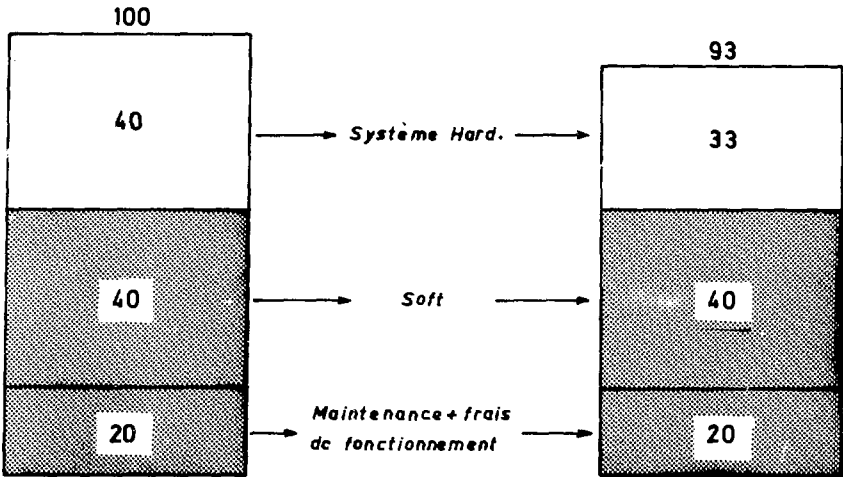


Figure 4 - Prix de revient global

3 - IMPACT DU LSI SUR LA STRUCTURE DES SYSTEMES

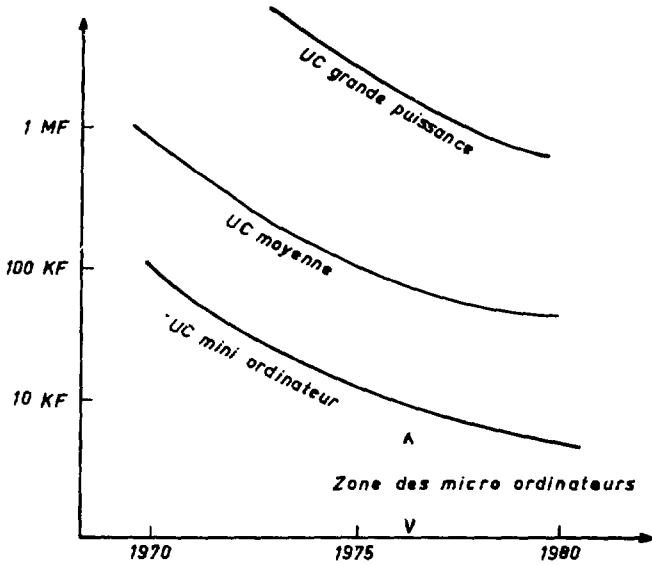
On remarquera que toutes les prévisions faites ces dernières années sur l'évolution de la technologie et en particulier sur les taux d'intégration, ont été vérifiées.

MOS - BIPOLAIRE l'évolution des surfaces de chip, montre que les limites physiques n'infléchissent pas l'évolution jusqu'en 1980.

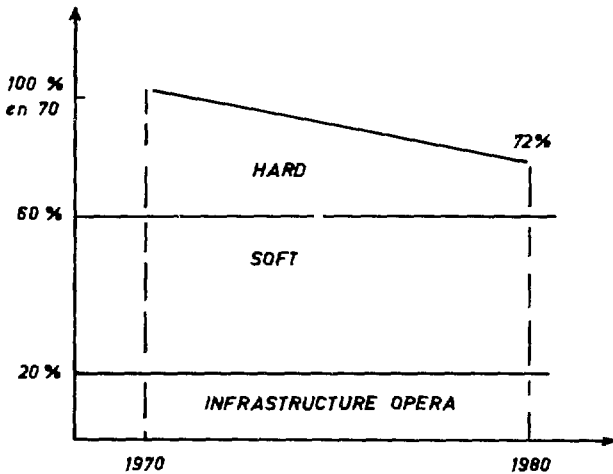
Actuellement $\left\{ \begin{array}{l} 300 \text{ portes/chip BIPOLAIRE} \\ 10^4 \text{ portes/chip MOS} \end{array} \right.$

Machine à calculer
et micro : 10^4 portes aujourd'hui
UC mini : $4 \cdot 10^4$ portes + 1975
UC moyenne : $5 \cdot 10^5$ portes + 1978
UC grande puissance: 10^6 portes + 1980

Coûts Hard sans MEM



Cumul des coûts relatifs



Au niveau des interfaces

La possibilité de gérer économiquement les échanges par des processeurs permettra une grande modularité fonctionnelle et une haute standardisation. De surcroît, ce système permettra une maintenance "ON LINE" aisée des périphériques : Programmed Logic Controller (PLC).

Au niveau des mémoires

Accroissement des volumes et diminution des temps d'accès.

Au niveau des structures de système

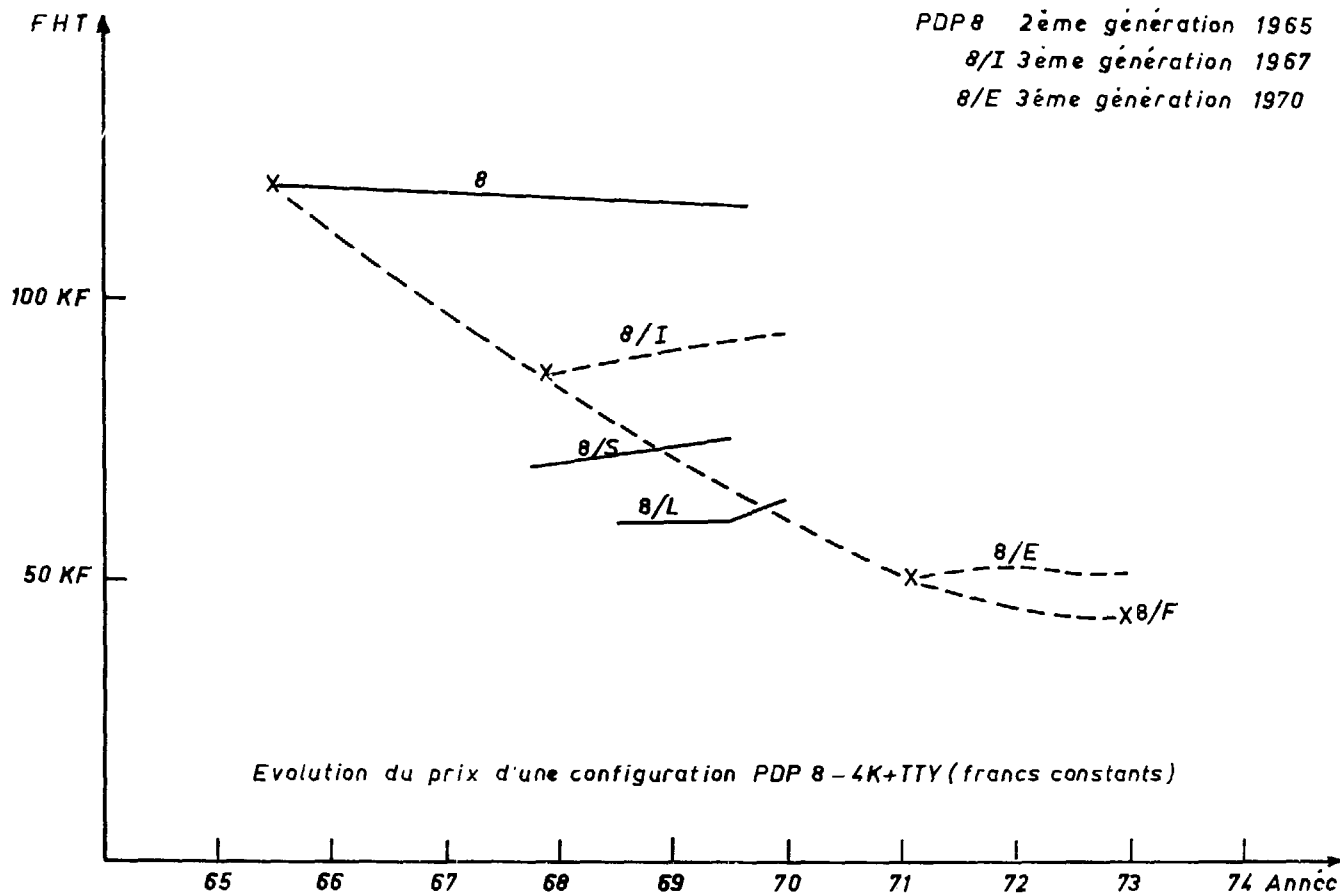
Orientation vers les multiprocesseurs :

- solution pour les problèmes de débit des E/S
- réduction des temps d'attente et amélioration de la disponibilité du système.

Au niveau compromis HARD - FIRM - SOFT

L'évolution vers les mémoires vives de μ programmation devient possible. Ceci permettra une adaptabilité très améliorée. Le microprogramme ne devient alors qu'un niveau supplémentaire de mode, dont la protection sera à étudier avec soin.

- Instructions plus complexes (compilateur câblé ?)
- Auto-diagnostic et auto-reconfiguration
- Amélioration de la disponibilité, de la facilité d'installation et d'utilisation plutôt que des performances
- Développement de processeurs capables de piloter et de gérer les périphériques dans une indépendance de plus en plus grande vis-à-vis de l'UC, c'est-à-dire fonctions locales plus complexes.



ANNEXE II

COMPARAISON ECONOMIQUE DES SOLUTIONS LOCATION ET VENTE

Dans le cadre des consultations adressées aux différents constructeurs spécialisés, pour la refonte des processeurs d'UP 2, la Compagnie IBM a proposé deux solutions :

- 1° - Vente complète de l'ensemble du matériel proposé
- 2° - Vente partielle de certains matériels IBM et Contrôle Bailey avec location des unités centrales et des périphériques IBM.

Pour pouvoir comparer l'intérêt économique de ces deux solutions, il a été demandé à IBM d'actualiser sur une période de 10 années les dépenses respectives de deux variantes de financement.

Le service des études financières d'IBM a bien voulu se livrer à cette étude dont il nous a proposé les résultats lors d'une réunion à la Hague le 13.11.72.

Dans son programme de calcul, IBM a souhaité faire intervenir les conséquences financières qui résulteraient d'une éventuelle "privatisation" des activités de retraitement au cours de la période de 10 années avec l'impact de l'impôt sur les sociétés et des règles applicables aux amortissements dans les sociétés privées. Arbitrairement, il a été décidé de choisir pour l'étude, l'échéance de cette privatisation éventuelle au milieu de la période envisagée, soit au bout de 5 ans.

Le diagramme suivant fournit les résultats de synthèse. Il en ressort que :

- 1° - Quel que soit le taux d'actualisation choisi (les calculs ont été faits pour des taux variant entre 0 et 25 %) la solution location-vente est plus chère que la solution vente.

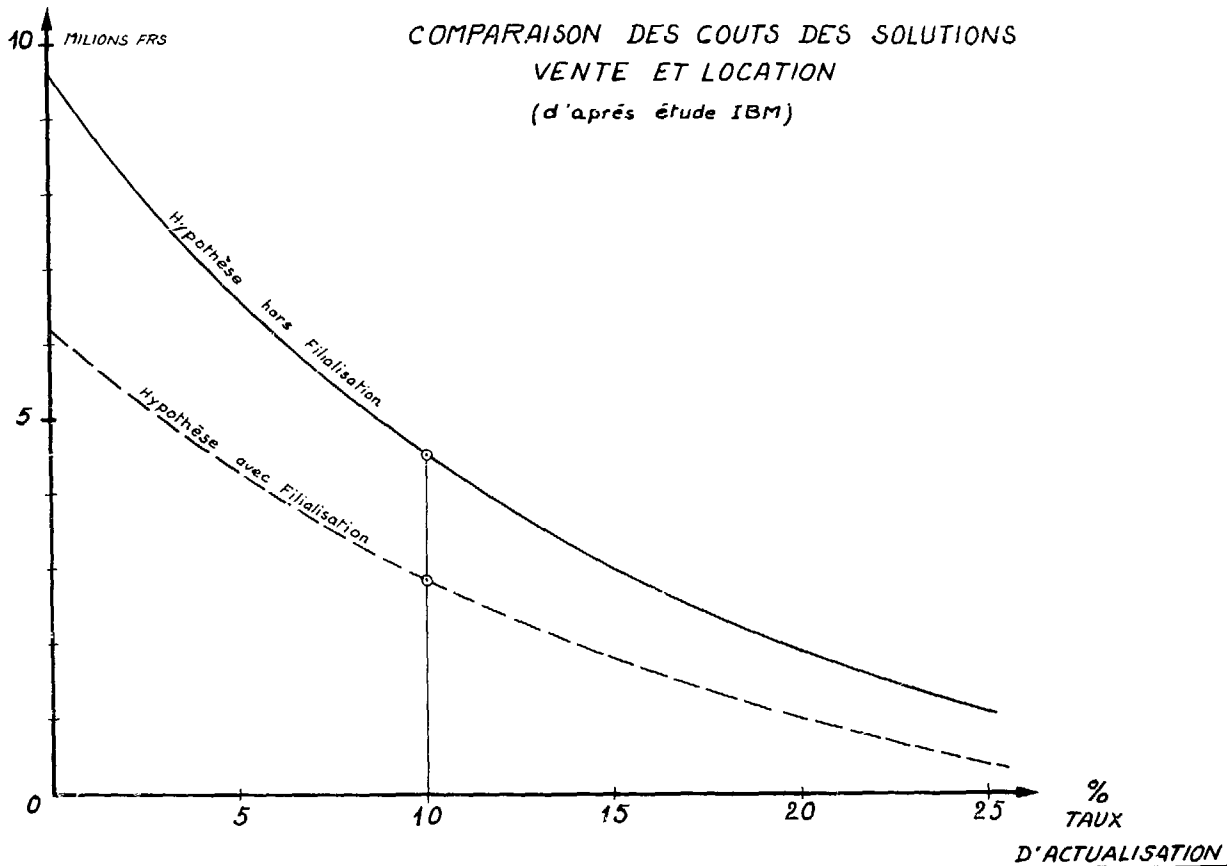
- 2° - L'hypothèse d'une privatisation des activités de retraitement au cours des 10 années considérées diminue l'écart entre les deux solutions, sans toutefois inverser cet écart.

En conclusion, la solution location-vente n'est pas économiquement intéressante.

Manuscrit reçu le 17 mars 1976

FLUX DE TRESORERIE DIFFERENTIEL

(Location - Vente)



COMPARAISON DES COUTS DES SOLUTIONS
VENTE ET LOCATION
(d'après étude IBM)

Achévé d'imprimer
par
le CEA, Service de Documentation, Saclay
Août 1976

DEPOT LEGAL
3ème 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, 91 190 - Gif-sur-Yvette (France).

Ces rapports et bibliographies sont également en vente à l'unité auprès de la Documentation Française, 31, quai Voltaire, 75007 - PARIS.

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, 91 190 - Gif-sur-Yvette (France).

Individual reports and bibliographies are sold by the Documentation Française, 31, quai Voltaire, 75007 - PARIS.

Edité par

le Service de Documentation

Centre d'Etudes Nucléaires de Saclay

Boîte Postale n° 2

91190 - Gif-sur-YVETTE (France)