

RÉPUBLIQUE DU SÉNÉGAL



ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE THIÈS

PROJET DE FIN D'ETUDES

EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLÔME D'INGÉNIEUR DE CONCEPTION

TITRE : Système Informatique de Gestion des Economies
d'Energie dans une Unité Industrielle
Cas de la C.S.P.T. (Taïba)

DATE : JUIN 1990

AUTEUR : Tsévi M. G. VOVOR
DIRECTEUR : Cheikh WADE
CO-DIRECTEUR : Alhassane S. NDIAYE

Je dédie cet ouvrage

à ma mère,

et à toutes les personnes qui

m'ont apporté leur soutien

matériel et moral lorsque

j'en ai eu besoin

REMERCIEMENTS

Nous adressons nos sincères remerciements à ceux qui ont eu l'initiative de ce projet traitant d'un problème brûlant d'actualité : MM. Cheikh WADE, professeur à l'Ecole Polytechnique et Alhassane Ségou NDIAYE, ingénieur au Bureau des Economies d'Energie, Ministère du Développement Industriel et de l'Artisanat; respectivement directeur et co-directeur du projet.

Nous exprimons également notre reconnaissance à MM. Yvon GRAVEL du Groupe Conseil ADS et Igor SABATIN, professeur à l'Ecole Polytechnique, pour avoir bien voulu faire partie du jury d'évaluation de ce projet de fin d'études.

Nos chaleureux remerciements vont aussi aux élèves-ingénieurs Patrick ACCROMBESSY et Simplicie GAGA pour leur précieux apport dans l'écriture du programme informatique. Nous profitons de cette occasion pour remercier également les élèves-ingénieurs Basile Nukuali T. AYIGAH et Komlan C. MESSIE pour leur aide dans la saisie du texte manuscrit.

A tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce projet, nous exprimons notre vive gratitude.

SOMMAIRE

Ce projet constitue une contribution à l'élaboration d'un logiciel de suivi énergétique en vue d'améliorer la performance des équipements d'une entreprise-type du secteur minier extractif. La Compagnie Sénégalaise des Phosphates de Taïba (C.S.P.T.) a été choisie pour cet essai, sur proposition du Bureau des Economies d'Energie du Ministère du Développement Industriel et de l'Artisanat.

Le programme mis au point effectue, pour l'atelier de flottation de la C.S.P.T., l'enregistrement des données et leur traitement, avec ou sans l'assistance de l'utilisateur. Sa structure est adaptée à une extension future, couvrant la totalité de l'entreprise.

Le traitement des données s'effectue à l'aide des cartes de contrôle statistique, par surveillance de l'évolution des écarts entre les valeurs de consommation réellement observées et différentes valeurs prévisionnelles. Les prévisions sont faites en utilisant diverses méthodes de régression ainsi que le modèle du Winter's pour l'analyse des séries chronologiques.

Cela permet de rendre compte de l'influence d'un certain nombre de causes de variation sur le contenu énergétique du produit final. Les causes de variation considérées à cet effet sont, principalement, la détérioration de la structure des machines, leur régime de fonctionnement et la qualité de la matière première.

TABLE DES MATIERES

<u>Matière</u>	<u>Page</u>
REMERCIEMENTS	iii
SOMMAIRE	iv
INTRODUCTION	1
1. IDENTIFICATION DES PARAMETRES A SURVEILLER	3
1.1 Structure énergétique de l'entreprise	3
1.2 Données à suivre aux différents postes de consommation	7
1.3 Choix d'un consommateur représentatif	23
2. TECHNIQUES MATHÉMATIQUES POUR L'ANALYSE DE L'ÉVOLUTION DES RATIOS	25
2.1 Surveillance de la détérioration de la structure des machines.....	26
2.2 Surveillance du régime de fonctionnement des équipements	28
2.3 Surveillance de l'impact de la qualité du minerai	30
3. PRÉSENTATION DU LOGICIEL	31
3.1 Rappel du problème à résoudre	31
3.2 Procédure de mise en marche	32
3.3 Algorithmes	44
4. DISCUSSION ET RECOMMANDATIONS	55
5. CONCLUSION	57

APPENDICES.....	58
APPENDICE 1 : Détails des méthodes d'analyses	59
1.1 Méthodes de régression	59
1.2 Méthodes d'analyse de séries chronologiques	63
1.3 Technique des cartes de contrôle statistique.....	70
APPENDICE 2 : Listage du programme	77
BIBLIOGRAPHIE	104

LISTE DE FIGURES

Figure 1 : Formulaire d'enregistrement des relevés de l'atelier de flottation	33
Figure 2 : Courbe typique d'évolution de la consommation spécifique	36
Figure 3 : Exemple de la carte de contrôle N°1	37
Figure 4 : Exemple de la carte de contrôle N°2	38
Figure 5 : Exemple de la carte de contrôle N°3	39
Figure 6 : Aide pour l'interprétation de la courbe d'évolution des consommations spécifiques.....	40
Figure 7 : Aide pour l'interprétation de la carte de contrôle N°1.....	41
Figure 8 : Aide pour l'interprétation de la carte de contrôle N°8.....	42
Figure 8 : Aide pour l'interprétation de la carte de contrôle N°9.....	43

INTRODUCTION

Le problème de l'énergie dans l'industrie constitue, depuis la fin des années 70, une préoccupation de première importance dans toutes les questions relatives au développement.

Il s'agit d'une réaction de prise de conscience à la suite du bouleversement des prix de l'énergie, consécutif aux chocs pétroliers de 1973-74 et de 1979-80.

Cette hausse des prix s'est traduite, dans les entreprises, par un gonflement de la part relative des factures énergétiques par rapport au capital et au travail; atteignant un niveau comparable à celui de la main-d'oeuvre dans certaines industries.

Le problème prend une importance particulière dans les entreprises de nos pays qui, bien que pouvant pratiquer un niveau de salaire plus bas, achètent l'énergie au prix international.

Cette situation amène une révision des politiques d'évaluation de la productivité.

Les actions entreprises dans ce sens s'orientent dans deux directions principales : d'une part les investissements dans de nouvelles technologies moins dispendieuses d'énergie et d'autre part l'organisation d'un service spécifique de gestion de l'énergie au sein des entreprises.

La dernière option est moins coûteuse et donc plus abordable pour les pays en voie de développement. Elle a permis d'obtenir, à très court terme, des résultats appréciables en Amérique du Nord et en Europe, notamment en association avec quelques améliorations relativement simples du processus de production.

Dans l'optique d'implanter cette politique au Sénégal nous nous proposons d'élaborer un outil informatique de gestion qui permettra de surveiller la consommation d'énergie et d'en prévenir le gaspillage dans une unité industrielle du secteur minier extractif. Ce projet est initié par le Bureau des Economies d'Energie du Ministère du Développement Industriel et de l'Artisanat.

Nous nous servons, lors de notre étude, de la Compagnie Sénégalaise des Phosphates de Taïba (C.S.P.T.) comme entreprise-type. Nos travaux porteront d'abord sur la détermination d'une part, des paramètres pertinents qui influencent la consommation d'énergie dans l'usine et d'autre part, des techniques appropriées pour analyser leur évolution. Nous procéderons ensuite à la mise au point d'un logiciel de traitement des ratios issus de nos premières analyses.

1. IDENTIFICATION DES PARAMETRES

A SURVEILLER

1.1 STRUCTURE ENERGETIQUE DE L'ENTREPRISE

Le choix de la Compagnie Sénégalaise des phosphates de Taïba (C.S.P.T.) se justifie essentiellement par son niveau de consommation d'énergie (106771229 kWh en 1986). L'éventail de ses installations représente également une gamme relativement complète des différents services d'une industrie minière extractive. L'année 1986 sera choisie comme année représentative pour des raisons de disponibilité des données.

La C.S.P.T. produit du phosphate de chaux à partir d'un gisement à ciel ouvert. L'industrie est divisée en deux secteurs, la mine et l'usine, et subdivisée en six services principaux : Décapage Supérieur, Extraction, Prétraitement, Laverie, Séchage, Services Généraux. Le régime d'exploitation est en horaire continu avec des arrêts planifiés pour entretien et réparation (durée moyenne des arrêts : 14.4 % du temps en 1986) .

1.1.1 ALIMENTATION ENERGETIQUE GENERALE DE L'INDUSTRIE

Les principales formes d'énergie utilisées sont l'électricité et le fuel. L'industrie est également gros consommateur d'eau.

La C.S.P.T. est desservie par la SENELEC via une ligne haute tension de 90 kV. La puissance moyenne mesurée par la SENELEC est d'environ 18 MW et la puissance de pointe de l'ordre de 23 MW.

Deux des trois transformateurs de puissance de 10 MVA desservent le réseau de la mine en 15 kV, le troisième desservant celui de l'usine en 4.16 kV .

Un réseau de charges prioritaires alimenté par le réseau 15 kV est raccordé au réseau 4.16 kV via un transformateur de 4 MVA. Cependant ce transformateur aussi alimente le service Séchage.

L'énergie réactive est compensée par le biais de banques de condensateurs d'une capacité totale de 6980 Kvar (début 1987) dont 1850 au poste de répartition et sur le réseau 4.16 kV, 5170 au poste Keur Mor Fall qui dessert la mine et sur le réseau 15 kV. Cela maintient le $\cos(\phi)$ près de 0.90 , donc au-dessus du seuil de 0.87 imposé par la SENELEC.

Le fuel est essentiellement utilisé sous forme de fuel 3500 (fours), de diesel-oil et de diesel réactif.

L'alimentation en eau de l'industrie est assurée par l'eau de surface recueillie par les pompes de rabattement de la nappe à la mine, le recyclage de l'eau utilisée à la laverie et les eaux de forages profonds. La consommation totale est d'environ 15 million de m³ d'eau par an.

1.1.2 LE SERVICE DECAPAGE SUPERIEUR (Mine)

Ce service est chargé de décaper la couche supérieure sur 20 à 25 m d'épaisseur de terrain constitué de sable meuble jusqu'au niveau de la couche de grès et de latérite.

La charge électrique raccordée est de 8676 kW. On retrouve les équipements consommateurs d'énergie suivants : 2 roues-pelles, 3 transporteurs à bande, 3 sauterelles, 1 remblayeur et des chariots.

1.1.3. LE SERVICE EXTRACTION (Mine)

Ce service a comme tâche principale d'enlever la couche de grès et de latérite pouvant avoir jusqu'à 4 m d'épaisseur, et d'extraire le minerai de phosphate.

Avec une charge électrique raccordée de 14586 kW, ce service comporte principalement comme consommateurs d'énergie 4 draglines, 1 pelle en butte, 15 camions de 100 et 120 tonnes de capacité et des pompes de rabattement de la nappe phréatique.

1.1.4. LE SERVICE PRETRAITEMENT (Mine)

Le service Prétraitement a pour rôle principal de débourber le minerai de phosphate, de le débarrasser des stériles (sable, argile, silex) et de l'acheminer sous forme de pulpe à concentration de 37 % en solide de 0 à 20 mm de diamètre.

Les consommateurs d'énergie sont regroupés comme suit : la station de prétraitement, le transport hydraulique, l'alimentation en eau, les convoyeurs de mise à terril (2 dont 1 en service). La charge électrique raccordée est de 4342 kW.

1.1.5 LE SERVICE LAVERIE (Usine)

Ce service comporte l'atelier de préparation où le minerai est classifié et/ou broyé pour être départagé dans les circuits gros et fins. Puis l'atelier de flottation permet d'enrichir le minerai, de le relaver puis de le filtrer avant de l'expédier au stock humide ou aux I.C.S. (Industries Chimiques du Sénégal).

La charge raccordée de 14084 kW se répartit entre la préparation, la flottation, la reprise des stériles, l'alimentation en eau (forages profonds) et la pompe de surface.

1.1.6 LE SERVICE SECHAGE (Usine)

Ce service, terminal du procédé, a pour rôle de soustraire du phosphate purifié l'humidité qu'il contient (12 à 18 %) et de l'expédier au stock puis au Port de Dakar (0.5 % d'humidité à la livraison).

La charge électrique raccordée est de 1015 kW. On distingue les équipements consommateurs d'électricité (ventilateurs ...) et les équipements consommateurs de fuel (fours, chaudières).

1.1.7. LES SERVICES GENERAUX

On regroupe ici tous les autres services dont l'administration, la Direction de l'Exploitation, le Service Electro-Mécanique chargé de l'entretien, les laboratoires et services topographiques, la comptabilité, l'informatique et la cité de Taïba.

Le système d'éclairage intérieur et extérieur ainsi que les équipements de climatisation sont, avec le service Electro-Mécanique, les principaux consommateurs d'énergie.

La puissance électrique raccordée est de 1180 kW.

1.2 DONNEES A SUIVRE AUX DIFFERENTS POSTES DE CONSOMMATION

Nous spécifions dans cette partie les grandeurs à suivre pour effectuer une comptabilité analytique de l'énergie. Il s'agira d'éclater la consommation globale en un certain nombre de postes homogènes du point de vue des conditions d'utilisation de l'énergie et de la nature de l'utilisation. Nous pourrions ainsi identifier aisément les consommateurs les plus importants et, en considérant les différentes causes de variation possibles, définir des ratios significatifs pour en déduire les types d'informations à collecter.

1.2.1 JUSTIFICATION DES RATIOS A CALCULER

L'importance d'un consommateur, donnée nécessaire entre autres pour juger de l'opportunité d'une action corrective, sera définie par sa part relative dans la consommation totale.

De même pour maintenir le régime de fonctionnement d'un équipement dans une plage de rendement maximum où le ratio de consommation spécifique (énergie consommée par unité de produit) est minimum, il faut surveiller l'évolution de ce dernier paramètre en fonction du débit de la production.

L'encrassement des surfaces fonctionnelles, leur usure et la détérioration de la structure des machines se traduisent par une dégradation de la performance de l'équipement, repérable par un suivi adéquat du ratio de consommation spécifique.

La qualité de la matière première est également un facteur non négligeable dans la variation du ratio de contenu énergétique du produit fini.

Nous en tiendrons compte en calculant le taux de rebuts ou de stériles ou bien en comparant les consommations spécifiques rapportées à l'entrée et à la sortie .

Pour les équipements thermiques les conditions climatiques ont une importance particulière notamment pour les fours sécheurs. Les variations de l'humidité de l'air ambiant peuvent influencer sur la quantité d'eau extraite par tonne de phosphate séché et sur la consommation spécifique de fuel.

Pour prévenir les pertes dans le circuit de distribution de l'électricité et surveiller la fiabilité des appareils de mesure, il est important de contrôler le bouclage des relevés en calculant l'écart entre la somme des indications des compteurs divisionnaires et celle du compteur principal. On tiendra compte des précisions sur les différentes indications des appareils de mesure.

Enfin signalons qu'une importance particulière doit être accordée à la mise en place du système de collecte d'informations, tant du point de vue matériel de comptage que de son organisation. On veillera au maintien du système en état de marche, par la tenue à jour des modifications, la maintenance et l'entretien du matériel de mesure, le contrôle périodique de la validité des estimations (dans les rares cas où l'on se contentera d'une estimation au lieu d'une mesure réelle). Ces dernières considérations sortent du cadre de ce travail.

1.1.2 FORMULES DE CALCUL DES RATIOS

Nous présentons ci-après les formules de calcul des différents ratios mentionnés :

$$\text{- Consommation spécifique} = \frac{\text{Quantité d'énergie consommée}}{\text{Quantité de produits délivrée}}$$

$$\text{- Erreur de bouclage des relevés} = \text{Indication du compteur principal} - (\text{Somme des indications des compteurs divisionnaires})$$

$$\text{- Tolérance sur le bouclage} = \text{incertitude sur l'indication du compteur principal} + (\text{Sommes des incertitudes sur les indications des compteurs divisionnaires})$$

$$\text{- Débit moyen de production} = \frac{\text{Quantité de produits délivrée}}{\text{Nombre d'heures de fonctionnement}}$$

$$\text{- Part relative de la consommation d'un poste} = \frac{\text{Consommation du poste}}{\text{Consommation totale de l'unité d'appartenance}} \times 100$$

$$\begin{aligned} \text{- Variation relative de l'humidité de l'air} \\ \text{ambiant par rapport} \\ \text{à celle des fumées} &= \left(\frac{\text{Différence des extrêmes d'humidité} \\ &\quad \text{spécifique de l'air ambiant}}{\text{humidité spécifique moyenne} \\ &\quad \text{des fumées}} \right) \times 100 \end{aligned}$$

* Les humidité spécifiques doivent être exprimées en g de vapeur d'eau par kg d'air ou de fumées .

$$\text{- Taux de stériles} = \frac{\text{Quantité de stériles rejetée}}{\text{Quantité de solides à l'entrée}} \times 100$$

* Note :

1. la quantité de solides à l'entrée est donnée par la relation suivante :

Quantité de solides

à l'entrée = (1 - (Humidité à l'entrée/100))

x Quantité totale de matière à l'entrée

2. Si la quantité de stériles n'est pas explicitement connue on peut la déterminer en faisant la différence entre la quantité de solides à l'entrée et celle de solides à la sortie.

La quantité de solides à la sortie est calculée comme à l'entrée mais en utilisant l'humidité à la sortie

- Quantité d'eau évaporée

par tonne de phosphate séché = (Quantité d'eau dans le
phosphate à l'entrée
- Quantité d'eau dans le
phosphate à la sortie)
/ Quantité de phosphate séché

- * La quantité d'eau dans le phosphate est calculée en enlevant la quantité de solides de la quantité totale de matière .
- * La quantité d'eau à l'entrée peut se calculer uniquement à partir de celle de phosphate séché et de l'humidité à l'entrée; en considérant que la masse de solides ne varie pas entre l'entrée et la sortie des fours .

1.2.3 LISTE DES DONNEES

Nous présentons, ci-après, service par service, les types de ratios et les autres grandeurs à suivre.

SERVICE DECAPAGE SUPERIEUR

- Informations à collecter

* Pour l'ensemble du service :

- le mois et l'année de référence ;
- le nombre d'heures de fonctionnement ;
- la consommation globale d'électricité et la précision du compteur, en kWh ;
- la quantité totale de matière évacuée, en tonnes .

* Pour le Rabanap :

- la consommation individuelle d'électricité et la précision du compteur , en kWh .

* Idem pour chacune des deux Roues-Pelles, chacune des deux Sauterelles, les Transporteurs Ripables, le Remblayeur.

- Ratios à calculer

* Pour l'ensemble du service :

- la consommation spécifique globale d'électricité,
- l'erreur sur le bouclage des relevés, en kWh ;
- Tolérance sur le bouclage de relevés, en kWh .

* Pour le Rabanap :

- La consommation spécifique individuelle, en kWh/tonne ;
- le débit moyen de matière évacuée, en tonnes/heure;
- la part de la consommation individuelle par rapport;
au total du service, en % .

* Idem pour chacun des consommateurs précités.

SERVICE EXTRACTION

- Informations à collecter

* Pour l'ensemble du service :

- le mois et l'année de référence ;
- le nombre d'heures de fonctionnement ;
- la consommation globale d'électricité et la précision du compteur, en kWh ;
- la consommation globale de carburant , en kg ;
- la quantité totale de minerai extraite, en tonnes;

* Pour chacun des trois Draglines :

- la consommation individuelle d'électricité et la précision du compteur, en kWh ;

* Pour l'Exhaure Fouille (ensemble des pompes de rabattement):

- la consommation individuelle d'électricité et la précision du compteur, en kWh ;
- la quantité d'eau délivrée, en m³ ;

* Pour la Chargeuse (engin de servitude) :

- la consommation de carburant, en kg ;

* Idem pour l'ensemble des 11 camions transporteurs .

- Ratios à calculer

* Pour l'ensemble du service :

- la consommation spécifique d'électricité (extraction de minerai), en kWh/tonne de minerai ;
- la consommation spécifique d'électricité (pompage d'eau), en kWh/m³ d'eau ;
- l'erreur sur le bouclage des relevés, en kWh ;
- tolérance sur le bouclage des relevés, en kWh ;

- la consommation spécifique de carburant,
en kg de carburant / tonne de phosphate .
- * Pour chacun des trois Draglines :
 - la consommation spécifique individuelle d'électricité, en kWh/tonne ;
 - le débit moyen de minerai évacué, en tonnes/heure ;
 - la part de la consommation individuelle, en % .
- * Idem pour la Pelle-Mécanique .
- * Pour l'Exhaure Fouille (ensemble des pompes de rabattement):
 - la consommation spécifique individuelle d'électricité, en kWh/m³ ;
 - le débit moyen d'eau, en m³/heure ;
 - la part de la consommation individuelle, en % .
- * Pour la Chargeuse (engin de servitude) :
 - la consommation spécifique individuelle de carburant, en kg de carburant /tonne de phosphate ;
 - le débit moyen de minerai, en tonnes/heure ;
 - la part de la consommation individuelle, en % .
- * Idem pour le parc camions .

SERVICE PRETRAITEMENT

- Informations à collecter

- * Pour l'ensemble du service :
 - le mois et l'année de référence ;
 - le nombre d'heures de fonctionnement ;
 - la consommation globale d'électricité et précision du compteur, en kWh ;
 - la consommation globale d'eau, en m³ ;

- la quantité totale de pulpe produite, en tonnes ;
- la quantité totale de stériles, en tonnes ;
- l'humidité moyenne à la sortie, en % .

* Pour la station de Prétraitement :

- la consommation individuelle d'électricité et la précision du compteur, en kWh ;

* Idem pour le transport hydraulique, l'alimentation en eau, et la mise à terril .

- Ratios à calculer

* Pour l'ensemble du service :

- la consommation spécifique d'électricité rapportée à la sortie, en kWh/tonne de pulpe ;
- la consommation spécifique d'électricité rapportée à l'entrée, en kWh/tonne de minerai ;
- l'erreur sur le bouclage des relevés, en kWh ;
- la tolérance sur le bouclage, en kWh ;
- la consommation spécifique en eau rapportée à la sortie, m³/tonne de pulpe .

* Pour la station de Prétraitement :

- la consommation spécifique individuelle d'électricité, en kWh/tonne pulpe ;
- le pourcentage de stériles, en % ;
- le débit moyen de la production, en tonnes/heure ;
- la part de la consommation individuelle, en % .

* Pour le transport hydraulique :

- la consommation spécifique individuelle d'électricité, en kWh/tonne pulpe ;

- le débit moyen de pulpe, en tonnes/heure ;
 - la part de la consommation individuelle, en % .
- * Pour la mise à terril :
- la consommation spécifique individuelle d'électricité,
en kWh/tonne pulpe ;
 - le débit moyen de matière, en tonnes/heure ;
 - la part de la consommation individuelle, en % .
- * Pour l'alimentation en eau :
- la consommation spécifique individuelle d'électricité,
en kWh/tonne pulpe ;
 - le débit moyen d'eau, en tonnes/heure ;
 - la part de la consommation individuelle, en % .

SERVICE LAVERIE

- Informations à collecter

- * Pour l'ensemble du service :
- le mois et l'année de référence ;
 - le nombre d'heures de fonctionnement ;
 - la consommation globale d'électricité et la précision du
compteur, en kWh ;
 - la consommation globale de diesel réactif, en kg ;
 - la consommation globale d'eau, en m³ ;
 - la quantité totale de phosphate purifié produit, en tonnes ;
 - la quantité totale de stériles, en tonnes ;
- * Pour l'atelier de préparation :
- la consommation individuelle d'électricité et la précision
du compteur, en kWh ;
 - la consommation individuelle d'eau, en m³ ;

- l'humidité moyenne du produit à l'entrée, en % ;
 - l'humidité moyenne du produit à la sortie , en % .
 - * Idem pour l'atelier de flottation .
 - * Pour la reprise des stériles :
 - la consommation individuelle d'électricité et la précision du compteur, en kWh ;
 - la consommation individuelle d'eau, en m3 ;
 - la quantité de stériles retraitée, en tonnes .
 - * Alimentation en eau (forages profondes) :
 - la consommation individuelle d'électricité et la précision du compteur, en kWh;
 - la quantité d'eau délivrée, en m3.
 - * Idem pour les pompes de surface :
- Ratios à calculer
- * Pour l'ensemble du service :
 - la consommation spécifique d'électricité, en kWh/tonne ;
 - l'erreur sur le bouclage des relevés, en kWh ;
 - la tolérance sur le bouclage des relevés, en kWh ;
 - la consommation spécifique de diesel réactif, en kg/tonne;
 - la consommation spécifique d'eau, en m3/tonne .
 - le pourcentage de stériles, en % .
 - * Pour l'atelier de préparation :
 - la consommation spécifique d'électricité, en kWh/tonne;
 - la consommation spécifique individuelle d'eau, en m3/tonne;
 - le débit moyen de produit, en tonne/heure ;
 - la part de la consommation individuelle d'électricité, en %;
 - la part de la consommation individuelle d'eau, en % .

* Pour L'atelier de flottation :

- la consommation spécifique individuelle d'électricité, en kWh/tonne;
- la consommation spécifique individuelle d'eau, en m³/tonne;
- le débit moyen de production de phosphate humide, en tonnes/heure ;
- la part de la consommation individuelle d'électricité, en %;
- la part de la consommation individuelle d'eau, % .

* Idem pour la reprise des stériles .

* Pour l'alimentation en eau (forages profonds) :

- la consommation spécifique d'électricité, en kWh/m³ ;
- le débit moyen d'eau, en m³/heure ;
- la part de la consommation individuelle d'électricité, en %.

* Idem pour les pompes de surface.

SERVICE SECHAGE

- Informations à collecter

* Pour l'ensemble du service :

- le mois et l'année de référence ;
- le nombre d'heures de fonctionnement ;
- la consommation globale d'électricité et la précision du compteur, en kWh ;
- la consommation globale de fuel, en kg ;

* Pour chaque chaudière :

- la consommation individuelle de combustible, en kg;
- la production de vapeur, en kg de vapeur .

* Pour chaque four sécheur :

- la consommation individuelle d'électricité et précision du compteur, en kWh ;
- la consommation calorifique, en tonnes de vapeur;
- la production de phosphates séché, en tonnes;
- l'humidité moyenne du produit à l'entrée, en % ;
- l'humidité moyenne du produit à la sortie , en % ;
- la température (°C) et l'humidité (%) de l'air à l'entrée et à la sortie ;
- les extréma d'humidité relative de l'air ambiant, en %

- Ratios à calculer

* Pour l'ensemble du service :

- la consommation spécifique d'électricité, en kWh/tonne ;
- la consommation spécifique de fuel, en kg/tonne ;
- le bouclage des relevés d'électricité, en kWh ;
- la tolérance sur le bouclage, en kWh ;

* Pour chaque chaudière

- la consommation spécifique de combustible, en kg de combustible / tonne de phosphate ;
- la débit moyen de vapeur, en kg de vapeur/heure ;
- la part (%) de la consommation individuelle de combustible;
- la part (%) de la production individuelle de vapeur ;

* Pour chaque four sécheur :

- la consommation spécifique d'électricité, en kWh/tonne;
- la consommation de fuel par unité de produit, en kg de fuel / tonne de phosphate;

- la consommation de fuel par kg d'eau évaporée,
en kg fuel/kg eau;
- la variation relative de l'humidité de l'air ambiant par
rapport à l'humidité des fumées, en % ;
- la part de la consommation individuelle d'électricité, en % ;
- la part de la consommation individuelle de fuel, en % ;
- la part de la production de phosphates sec, en % ;
- la quantité d'eau évaporée par tonne de phosphate séché,
en kg;

SERVICES GENERAUX

- Informations à collecter

* Pour l'ensemble du service :

- le mois et l'année de référence ;
- le nombre d'heures de fonctionnement ;
- la consommation globale d'électricité et la précision
du compteur, en kWh ;
- la consommation globale de carburant, en kg ;
- la consommation globale d'eau, en m³ .

* Pour la cité :

- la consommation d'électricité et la précision , en kWh ;
- la consommation totale d'eau, en m³ .

* Pour le service Entretien :

- la consommation d'électricité et la précision , en kWh ;
- la consommation de carburant, en kg ;
- la consommation d'eau, en m³ .

* Pour l'éclairage extérieur :

- la consommation d'électricité, en kWh ;

* Idem pour les Bureaux .

- Ratios à calculer

* Pour l'ensemble du service :

- le bouclage des relevées d'électricité, en kWh;

- la tolérance sur le bouclage, en kWh;

* Pour le service Entretien :

- la part relative de la consommation d'électricité, en % ;

- la part relative de la consommation de carburant, en % ;

- la part relative de la consommation d'eau, en % ;

* Idem pour la Cité, l'Eclairage extérieur et les Bureaux.

ENSEMBLE DE L'INDUSTRIE

- Informations à collecter

* Pour l'ensemble du service :

- le mois et l'année de référence ;

- le nombre d'heures de fonctionnement ;

- la consommation globale d'électricité, la précision du compteur, en kWh, et le coût unitaire ;

- la consommation globale de fuel, en kg, et le coût unitaire;

- la consommation globale de diesel réactif, en kg, et le coût unitaire;

- la consommation globale d'eau, en m³, et le coût unitaire;

- la production totale de phosphate séché, en tonnes ;

- la production totale de phosphate humide, en tonnes ;

- la production de phosphate humide livré aux ICS, en tonnes;

- Ratios à calculer

- l'erreur sur le bouclage des relevés de consommation d'électricité, en kWh ;
- la tolérance sur le bouclage des relevés, en kWh;
- la part relative de chaque service pour chaque source d'énergie ;
- la consommation spécifique en électricité du phosphate humide (livré aux I.C.S.), en kWh/tonne ;
- le coût unitaire correspondant, en F cfa/tonne ;
- la consommation spécifique en électricité du phosphate séché, en kWh/tonne ;
- le coût unitaire correspondant, en F cfa/tonne ;
- Idem pour le fuel 3500, le diesel-oil, le diesel réactif et l'eau ;

1.3 CHOIX D'UN CONSOMMATEUR REPRESENTATIF

L'objectif de cette rubrique est de sélectionner un poste de consommation représentatif pour lequel nous déterminerons en détail les procédures d'analyse de l'évolution des données.

Cette option est dictée par le souci de produire un travail d'ensemble, dans les limites du temps alloué à ce projet de six crédits .

Nous retiendrons le service Laverie pour deux raisons :

- La puissance raccordée à ce service est de 14084 kW soit la deuxième en importance, après le service Extraction (14586 kW) et avant le service Décapage Supérieur (8676 kW) . Cependant la consommation d'électricité du service en 1986 (année pour laquelle nous disposons des données) est de 55210084 kWh sur un total de 106771229 kWh pour toute l'industrie. Cela représente un pourcentage de 51.5 % . Le service Extraction représente, pendant le même temps, 10 % de la consommation totale et le service Décapage Supérieur, 11.8 %; le deuxième pourcentage en importance étant celui du service Prétraitement (19.9 %).

- Ce service utilise trois différentes formes d'énergie : électricité, diesel réactif, eau . Cela constitue une opportunité pour développer une application qui tiennent compte de ces trois formes d'énergie .

Les raisons ainsi exposées confèrent au service Laverie un caractère représentatif des différents services de l'industrie, du point de vue énergétique.

Compte tenu des difficultés d'accès aux données propres de chaque machine (manque de compteur individuel...) nous nous limiterons, à l'intérieur du service Laverie, au choix d'un poste de consommation constitué par un groupe d'équipements donnés.

Ces équipements doivent former un ensemble homogène en ce qui concerne la consommation d'énergie, l'étape du processus de production et les formes d'énergie utilisées.

L'observation des consommations d'électricité de l'année 1986 indique 30659417 kWh pour l'atelier de préparation et 20725489 kWh pour l'atelier de flottation sur un total de 55210084 kWh pour le service Laverie. Cela correspond à 55.5 % pour l'atelier de préparation et 37.5 % pour l'atelier de flottation .

Cependant l'atelier de flottation utilise non seulement de l'électricité mais aussi du diesel-oil réactif (7688 tonnes en 1986) et de l'eau (3000000 m³ en 1986) pour ses besoins de procédé tandis que l'atelier de préparation n'utilise que l'électricité et l'eau .

Nous retiendrons donc l'atelier de flottation pour la suite de ce travail .

Rappelons, pour terminer, que les ratios à calculer sont :

- les consommations spécifiques d'électricité, de diesel-oil réactif et d'eau ;
- le débit de phosphate humide enrichi ;
- le taux de stériles, exprimé en tonnes de particules solides rejetées par tonne de particules solides contenus dans le minerai à l'entrée de l'atelier .

2. TECHNIQUES MATHÉMATIQUES POUR L'ANALYSE DE L'ÉVOLUTION DES RATIOS

Nous allons utiliser le ratio de consommation spécifique comme paramètre indiquant l'efficacité énergétique du processus de production dans l'atelier de flottation. Il s'agira de déterminer si les valeurs prises par ce ratio sont acceptables ou non; et, dans le cas échéant, de préciser les causes de variation responsables des déviations.

Le ratio de consommation spécifique sera considéré comme une fonction de plusieurs variables dont les plus importantes sont l'état de la structure des machines, leur régime de fonctionnement et la qualité de la matière première.

Les variations de chacune de ces variables se traduisent par des fluctuations aléatoires de la consommation spécifique autour d'une valeur moyenne, elle-même susceptible de subir des tendances saisonnières.

Il s'agira donc d'isoler les fluctuations aléatoires dues à chacune des variables ci-dessus mentionnées afin d'en déterminer l'impact réel sur la consommation spécifique. On calculera pour cela la valeur que devrait théoriquement prendre, dans chaque cas, le ratio de consommation spécifique compte tenu du niveau de la variable considérée. On pourra alors calculer les écarts par rapport aux valeurs de consommation réellement observées. En définissant des limites d'acceptation pour les écarts (qui représenteront donc des fluctuations aléatoires) il sera possible de localiser les anomalies et même de les prévenir.

2.1 SURVEILLANCE DE LA DETERIORATION DE LA STRUCTURE DES MACHINES

Pour isoler les fluctuations aléatoires dues à l'état de la structure des équipements, nous rappelons au préalable les remarques suivantes:

- l'état de la structure des machines se traduit par une fluctuation aléatoire de la consommation spécifique.
- le niveau moyen de la consommation spécifique est déterminé par le débit de la production et la qualité du minerai traité. Ces deux facteurs peuvent induire des tendances saisonnières ainsi que des fluctuations aléatoires sur la moyenne de la consommation spécifique.

Le ratio de consommation spécifique se présente donc comme une série chronologique qui subit une fluctuation aléatoire autour d'une moyenne elle-même sujette à des changements saisonniers.

Pour effectuer le suivi du ratio, nous analyserons l'évolution des écarts entre la valeur réelle observée et la valeur prévisionnelle préalablement déterminée.

Cependant il est important d'isoler, pour l'analyse, la portion des écarts imputable aux seules variations aléatoires autour de la moyenne .

Nous utiliserons pour cela une méthode de prévision qui nous permettra d'inclure, dans le calcul de la valeur prévisionnelle, les déviations intrinsèques à la méthode elle - même.

Ainsi les écarts éventuels, entre les valeurs prévisionnelles calculées et les valeurs réelles, seront dus, pour l'essentiel, à des paramètres de nature aléatoire.

Nous choisirons donc, parmi les techniques d'analyse de séries chronologiques disponibles, une méthode qui tienne compte d'une fluctuation aléatoire autour de la moyenne. Les méthodes de lissage exponentiel simple et double, ainsi que le modèle du Winter's sont présentées dans l'Appendice 1.2 .

Nous retiendrons le modèle du Winter's parce qu'il tient compte de la saisonnalité des biais et tendances que pourrait subir la moyenne de la consommation spécifique .

L'analyse des écarts entre les valeurs prévisionnelles ainsi déterminées et les valeurs réellement observées se fera par la méthode des cartes de contrôle (voir Appendice 1.3) .

Pour l'interprétation des résultats de la carte de contrôle, il faut signaler que les écarts ainsi calculés représentent la superposition de l'ensemble des fluctuations aléatoires. Ces fluctuations sont dues, non seulement à l'état de la structure des machines mais aussi à leur régime de fonctionnement ainsi qu'à la qualité de la matière première. Il faudra donc consulter les cartes de contrôle relatives au régime de fonctionnement des machines et à la qualité de la matière première, avant de déduire l'impact de la détérioration de la structure des équipements. La figure 7 fournit des détails supplémentaires sur ce point.

2.2 SURVEILLANCE DU REGIME DE FONCTIONNEMENT DES EQUIPEMENTS

Les variations dans le débit de la production délivrée par une machine entraînent un déplacement du point d'opération de cette machine vers des zones de rendements non nécessairement optimaux. Cela se traduit par une modification des performances de l'équipement en ce qui concerne la consommation d'énergie .

Ainsi la méthode d'analyse à déterminer dans cette partie doit permettre de vérifier si le régime de fonctionnement de l'installation se maintient dans une plage de rendement maximal où la consommation d'énergie par unité de produit est minimale.

Nous effectuerons à cette fin et comme au paragraphe précédent, un suivi de l'évolution des écarts dont chacun est calculé en deux étapes comme décrit ci-après .

- Premièrement il sera déterminé une valeur prévisionnelle pour la consommation spécifique courante. Cela se fera à partir d'un grand nombre de couples de données [débit , consommation spécifique] (valeurs des 40 mois les plus récents par exemple) et de la valeur courante du débit de la production .
- Deuxièmement on comparera la prévision à la valeur réelle de la consommation spécifique courante afin de calculer un écart qui servira à déterminer si la consommation d'énergie . correspond au débit observé .

Pour faire la prévision nous admettrons l'existence d'une relation analytique entre le débit de produits et la consommation spécifique. Cela se justifie par les modifications de ce dernier ratio en fonction des variations du débit.

Nous approcherons cette relation en calculant le coefficient de corrélation suivant divers modèles de régression et nous retiendrons celui dont le coefficient est le plus proche de 1 (par valeurs inférieures) . En considérant alors le débit actuel comme une donnée supplémentaire nous déterminerons une valeur prévisionnelle pour la consommation spécifique du mois courant. L'opération sera répétée pour tous les mois utilisés dans le calcul des paramètres de la régression retenue .

Les méthodes de régression suivantes seront utilisées : la régression linéaire, la régression puissance, la régression logarithmique et la régression exponentielle. Ces méthodes sont présentées à l'Appendice 1.1 . Ces méthodes suffiront pour approcher d'une manière acceptable la courbe réelle, si les points sont regroupés ; ce qui sera en général le cas, en absence d'anomalie dans le fonctionnement de l'équipement. Toute déviation importante correspondra donc à une anomalie dont il faudra retracer la source .

Pour effectuer le suivi des résidus entre la valeur réellement observée et la valeur prévisionnelle, il est nécessaire d'estimer les limites de l'incertitude liée à la prévision. Pour ce faire nous supposerons, une fois de plus, que la plupart des résidus correspondent à un fonctionnement normal du poste de consommation. Les résidus pourraient alors être considérés comme distribués suivant la loi normale puisqu'ils représenteraient des écarts essentiellement dus au hasard. On pourra dès lors utiliser la technique des cartes de contrôle pour déterminer les limites d'acceptation.

2.3 SURVEILLANCE DE L'IMPACT DE LA QUALITE DU MINERAI

Le contenu énergétique du produit délivré par l'atelier de flottation dépend aussi de la qualité du minerai à l'entrée.

Pour rendre compte de ce phénomène nous ferons le suivi de la consommation spécifique en fonction du taux de stériles.

Nous suivrons la même procédure que pour la surveillance du régime de fonctionnement, en remplaçant le débit de matières par le taux de stériles .

Les différentes méthodes de traitement ainsi évoquées seront utilisées pour l'électricité, le diesel-oil réactif et l'eau afin de localiser, pour chacune de ces formes d'énergie, la source des éventuelles anomalies, et contribuer ainsi à la prévention du gaspillage.

La prochaine étape du travail sera l'informatisation des procédures décrites ci-dessus afin de rendre efficace l'utilisation du modèle .

3. PRESENTATION DU LOGICIEL

3.1 RAPPEL DU PROBLEME A RESOUDRE

Initialement, l'objectif poursuivi dans la mise au point du programme est d'une part, l'enregistrement des données de consommation d'énergie dans tous les services de l'industrie et d'autre part, le traitement de ces données en vue de déterminer si leur évolution est normale.

Dans la version finale du programme, l'option traitement doit analyser dans un premier temps les valeurs globales de l'usine pour localiser éventuellement le service qui présente les anomalies les plus remarquables, ceci pour chaque forme d'énergie (électricité, fuel, eau, etc...).

Dans un deuxième temps le service retenu sera traité en détail afin de déterminer le poste de consommation et la cause de variation responsables de la déviation observée .

Une variante de l'option traitement doit également permettre à l'utilisateur de sélectionner lui-même, s'il le désire, le service ou le poste de consommation pour lequel il voudrait faire le traitement.

La structure de cette dernière variante sera également celle de l'enregistrement des données.

Dans sa version actuelle le programme est structuré suivant l'organisation générale ci-dessus, mais l'enregistrement et le traitement des données ne se font en détail que pour l'atelier de flottation du service Laverie .

3.2 PROCEDURE DE MISE EN MARCHE

3.2.1 CONTENU DE LA DISQUETTE DU PROJET

Le programme existe sous forme de module exécutable dans le fichier PROJET.EXE qui se trouve sur la disquette du projet. La disquette comprend également une version source du programme, contenue dans le fichier PROJET.PAS, que l'on peut modifier grâce à l'éditeur du langage TURBO PASCAL .

On retrouve en plus sur la disquette divers fichiers de contrôle de carte graphique et des fichiers contenant une aide pour l'interprétation des résultats, qui peut être consultée au cours de l'exécution du programme.

Enfin, le programme utilise au cours de son exécution deux fichiers à extension DAT qui sont créés lors du premier enregistrement et où sont stockées toutes les données à traiter. Deux fichiers de ce type se trouvent également sur la disquette.

3.2.2 ETAPES DE L'EXECUTION DU PROGRAMME

Pour exécuter le programme à partir du système d'exploitation il suffit de taper PROJET après avoir inséré la disquette du projet dans l'unité A (qui doit être l'unité par défaut) et la disquette de données dans l'unité B .

Après avoir affiché un message de présentation le programme propose un choix entre l'enregistrement des données et leur traitement.

L'option enregistrement

Cette option permet à l'utilisateur de sélectionner l'unité de consommation pour laquelle il désire enregistrer les relevés. Le programme contient, cependant dans sa version actuelle, un branchement inconditionnel qui ne rend possible que la saisie des données de l'atelier de flottation, à l'intérieur du service Laverie. Un formulaire (voir figure 1) est alors affiché. Après l'édition du formulaire les ratios sont calculés et stockés sur la disquette de données, en même temps que les relevés enregistrés.

	ATELIER DE FLOTTATION : Relevés		
	MOIS DE REFERENCE (Mois/Année: mm/aaaa) :	/	
	DATE D'ENREGISTREMENT (jj/mm/aaaa) :	/ /	
	DUREE DE FONCTIONNEMENT CORRESPONDANT AUX RELEVÉS :		Heures
	QUANTITE DE MINERAI A L'ENTREE :	Tonnes	
	HUMIDITE MOYENNE A L'ENTREE :	%	
	QUANTITE DE MINERAI A LA SORTIE :	Tonnes	
	HUMIDITE MOYENNE A LA SORTIE :	%	
	CONSOMMATION D'ELECTRICITE :	kWh	
	CONSOMMATION DE DIESEL REACTIF :	Tonnes	
	CONSOMMATION D'EAU :	m3	

Fig 1 : Formulaire d'enregistrement des relevés

L'option traitement

Cette option propose un choix entre un traitement assisté et un traitement non assisté .

Le traitement assisté devrait permettre à l'utilisateur de sélectionner l'unité de consommation pour lequel il désire faire le traitement. Le traitement non assisté, quant à lui, devrait analyser les données globales de l'industrie et localiser le service qui présente des anomalies . Ce service devrait être ensuite traité en détail en vue d'identifier la source de la déviation.

Dans la version actuelle du programme, ces deux options de traitement comportent un branchement inconditionnel qui ne permet que le traitement des données de l'atelier de flottation.

Dans cet atelier, le traitement s'effectue successivement pour les consommations d'électricité, de diesel réactif et d'eau.

Pour chacune de ces formes d'énergie le programme affiche quatre graphiques différents représentant l'évolution des données au cours des treize derniers mois, soit entre le mois courant et son homologue de l'année précédente, inclusivement .

Le premier graphique représente l'évolution des consommations spécifiques de la forme d'énergie considérée. Il permet une identification approximative des mois ayant une consommation anormale (voir figure 2 pour une courbe typique).

Les trois autres graphiques sont des cartes de contrôle qui permettent de déterminer la nature des causes de variation. Les points représentent les écarts entre les valeurs réelles de consommation spécifique et des valeurs prévisionnelles calculées différemment pour les trois cartes .

Chaque carte comporte également trois barres horizontales. La barre du milieu correspond à la moyenne des écarts tandis que les barres extrêmes représentent des limites de contrôle à l'intérieur desquelles devrait se trouver, avec une certaine probabilité, tout point correspondant à une consommation normale. Tout point sortant des limites de contrôle sera considéré comme un signe de dérèglement dû aux causes suivantes :

- détérioration de la structure des machines, pour la première carte;
- variation du débit de la production, pour la deuxième carte;
- fluctuation de la qualité de la matière première, pour la troisième carte .

On trouvera de plus amples détails sur ce point en consultant l'Aide de chaque graphique au cours de l'exécution du programme. Ces Aides sont présentées aux figures 6, 7, 8 et 9; tandis que des exemplaires de cartes de contrôle se trouvent aux figures 3, 4 et 5.

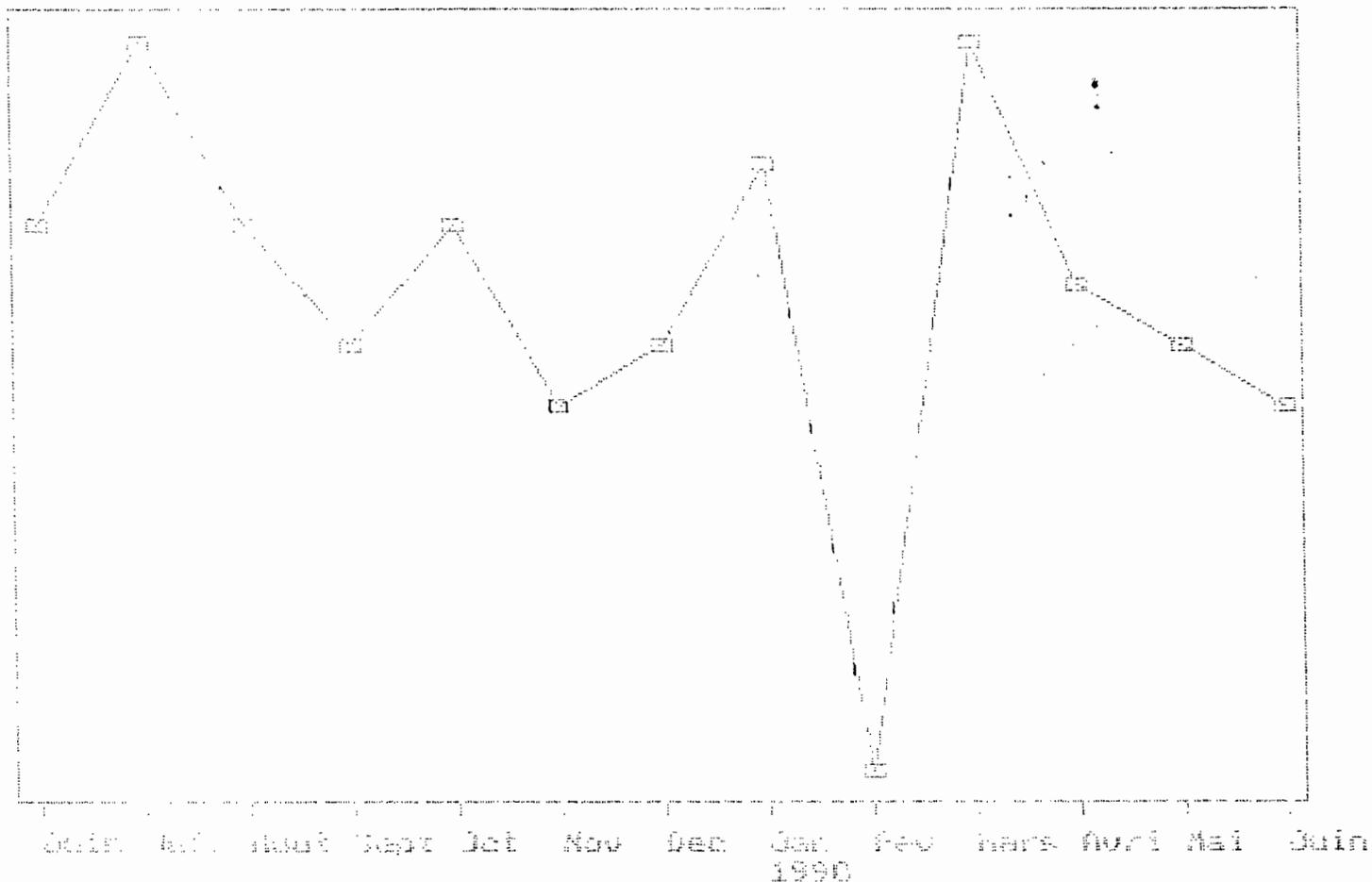
EVOLUTION DES CONSOMMATIONS SPECIFIQUES REELLES
 AU COURS DES TREIZE DERNIERS MOIS

kWh/T phos.

13454.40

8617.55

500.00



TAPER O POUR CONTINUER

Fig 2 : Courbe typique d'évolution de la consommation spécifique

031 02 01 01 EVOLUTION DES ECARTS ENTRE LES CONSUMMATIONS SPECIFIQUES REELLES ET LES PREVISIONS, EFFECTUEES A PARTIR DES FLUCTUATIONS ALEATOIRES DE LA PERFORMANCE PROPRE DES EQUIPEMENTS

KWh/T phos.

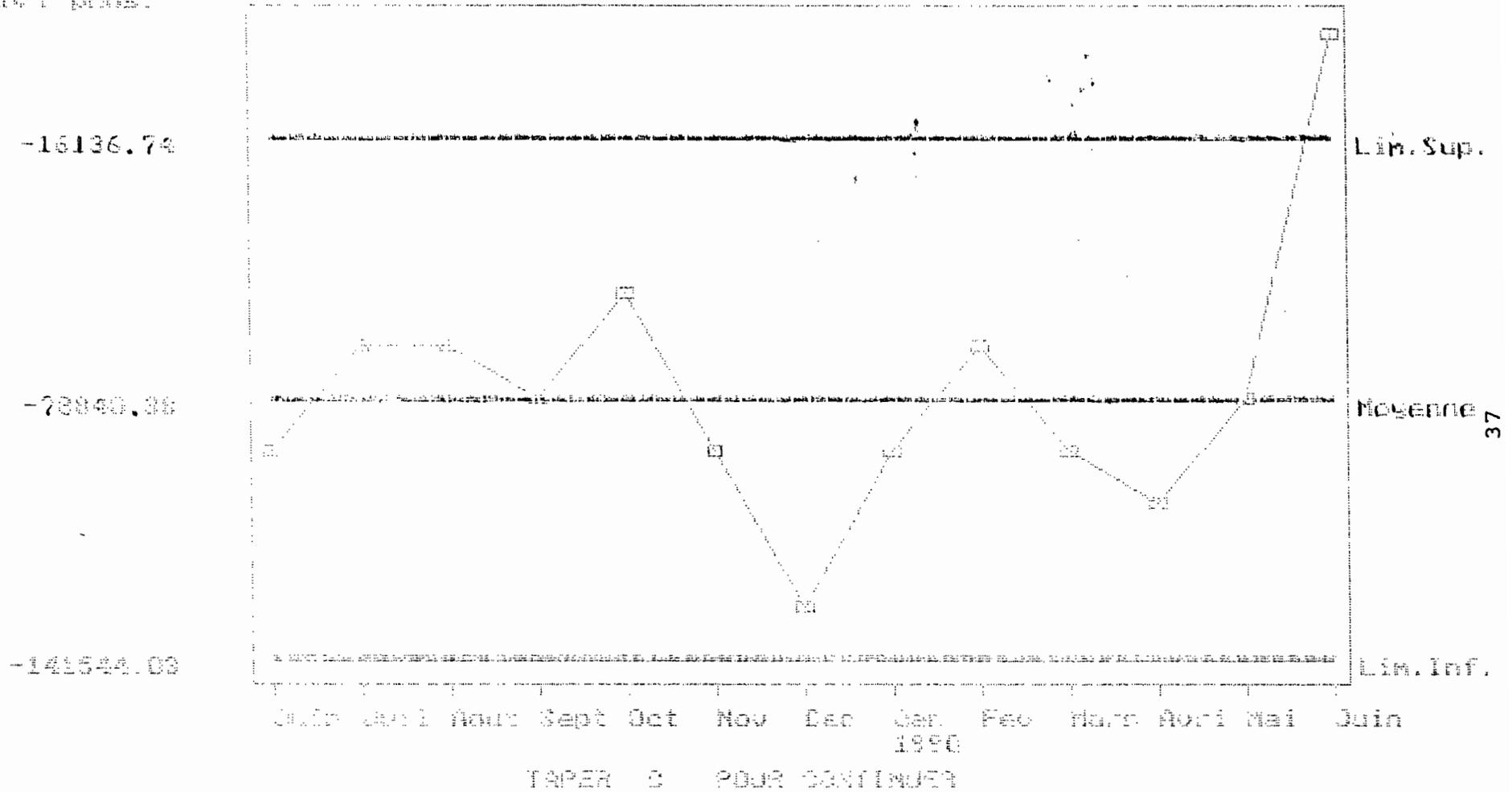


Fig 3 : Exemple de la carte de contrôle N° 1

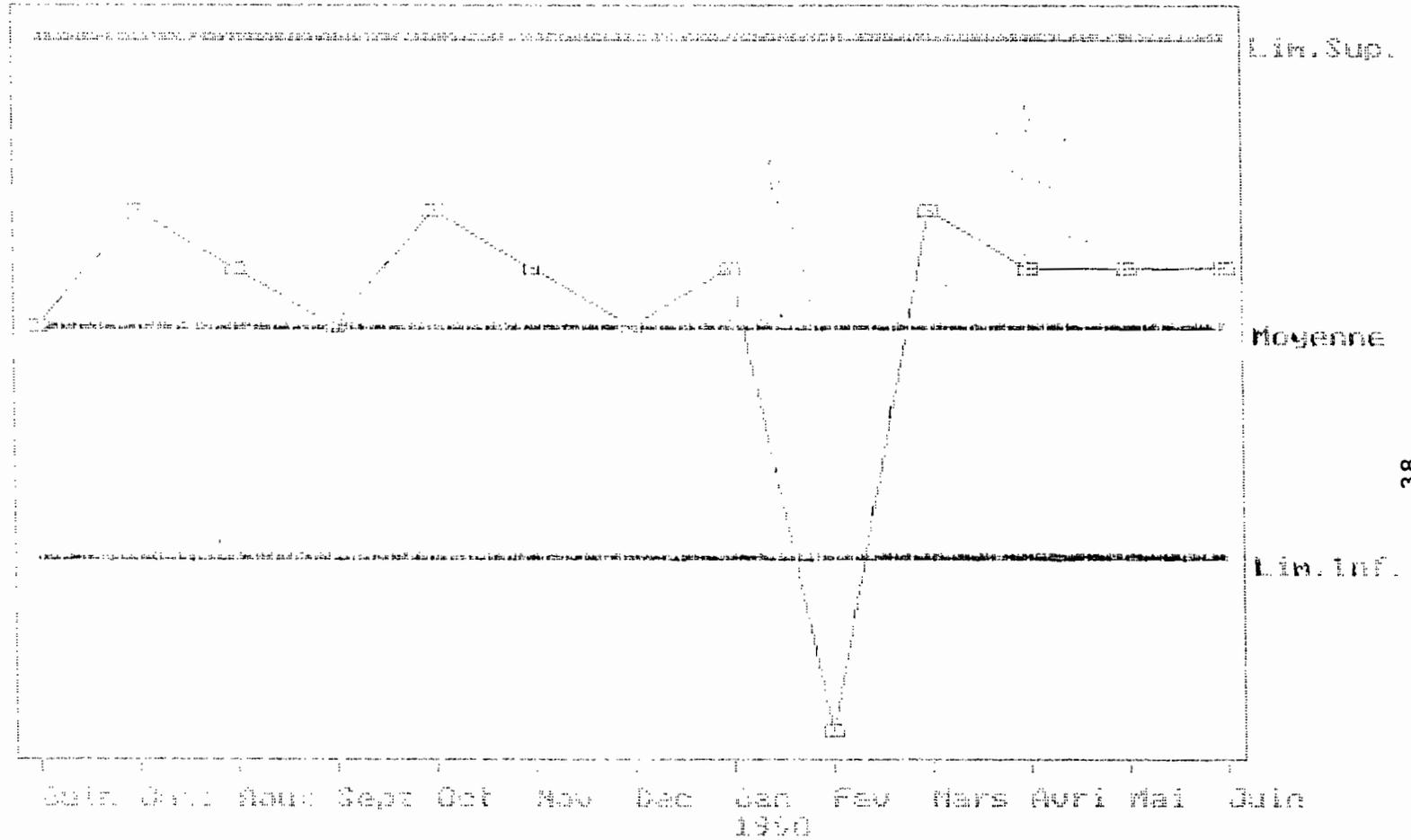
CARTE N° 2: EVOLUTION DES ECARTS ENTRE LES CONSOMMATIONS
 SPECIFIQUES REELLES ET LES PREVISIONS.
 LES PREVISIONS SONT FAITES A PARTIR DU DEBIT DE LA PRODUCTION.

KWh/T phos.

4207.44

-378.63

-4837.50



PAPER 3 POUR CONTINUER

Fig 4 : Exemple de la carte de contrôle N° 2

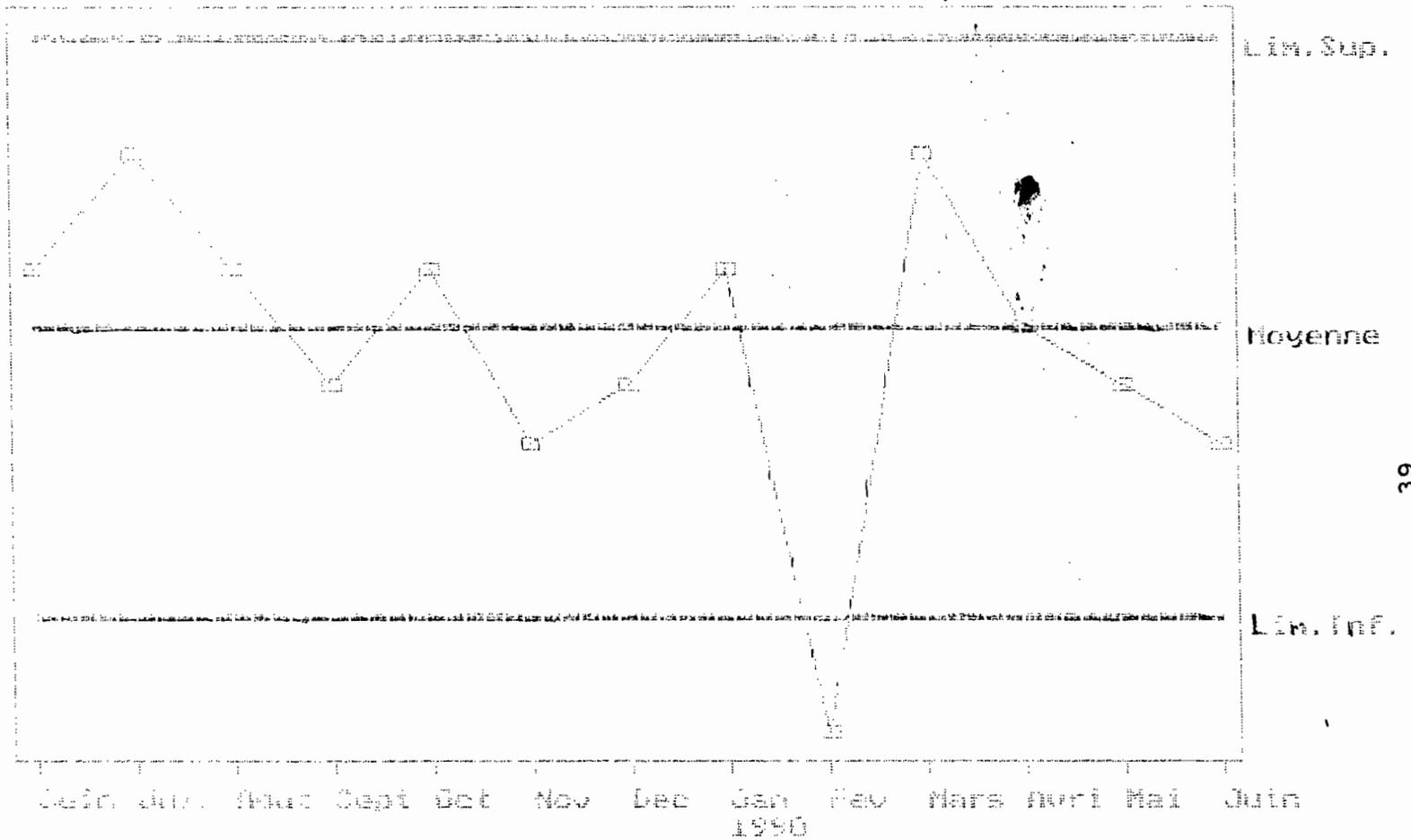
CASIN: A 30 EQUILIBRE DES ZONES ENTRE LES DEMONSTRATIONS
 SPECIFIQUES REELLES ET LES PREVISIONS.
 LES PREVISIONS SONT FAITES A PARTIR DU TALEL DE STERILES.

kmh/7 phos.

-89082.27

-95474.56

-101266.65



TAPER C POUR CONTINUER

Fif 5 : Exemple de la carte de contrôle n° 3

EVOLUTION DES CONSOMMATIONS SPECIFIQUES

<Esc> : retour au graphique.

AIDE POUR L'INTERPRETATION DES RESULTATS

Chaque point de cette courbe représente l'apport de l'atelier de flottation au contenu énergétique d'une tonne de phosphate humide enrichi.

On peut lire sur la courbe la valeur numérique de la moyenne des consommations spécifiques des treize derniers mois, ainsi que la valeur de la consommation la plus élevée et celle de la consommation la plus faible.

Lorsque la consommation spécifique représentée par un point quelconque de la courbe paraît anormale on consultera les cartes de contrôle N°1, N°2 et N°3 pour localiser la cause de variation en vue d'une action corrective éventuelle.

Fig : Aide pour l'interprétation de l'évolution des consommations spécifiques

CARTE DE CONTROLE N°1

<Esc> : retour au graphique
Page Up / Page Down : changement de page.

AIDE POUR L'INTERPRETATION DES RESULTATS

Les points de la carte de contrôle représentent les écarts entre les prévisions de consommations spécifiques et les valeurs réellement observées.

Pour cette carte, la prévision se fait en utilisant une méthode d'analyse de séries chronologiques qui permet d'isoler l'effet des fluctuations aléatoires de la performance des équipements.

Un écart positif signifie que la prévision est inférieure à la valeur réelle et un écart négatif, le contraire.

-Si tous les points sont situés à l'intérieur des limites de contrôle (Lim Sup et Lim Inf) et distribués à peu près uniformément autour de l'axe de la carte (Moyenne) alors la consommation d'énergie peut être considérée sous contrôle. Cela signifie que les fluctuations aléatoires de la performance des équipements sont acceptables.

-Si par contre les points sortent des limites de contrôle, cela signifie que l'influence des causes de variations aléatoires sur la consommation d'énergie est anormale. On vérifiera alors si la déviation observée ne se justifie pas par le niveau de débit de production enregistrée ou par le taux de stériles dans le minerai traité (dans ce cas les points concernés se situeront à l'intérieur des limites de contrôle de la carte N°2 ou de la carte N°3).

Dans le cas où la déviation n'est imputable ni au débit de production ni au taux de stériles on en conclura que les surfaces fonctionnelles ou la structure des équipements présentent un état de détérioration anormale.

-Enfin si les points sont tous à l'intérieur des limites de contrôle mais présentent un alignement régulier ou une succession cyclique régulière, cela dénote une situation anormale. On pourrait s'attendre à un dérèglement prochain dans la consommation d'énergie, dû à l'encrassement des surfaces fonctionnelles, à leur usure ou à la détérioration de la structure des équipements.

NB: La probabilité de faire une erreur de première espèce, i.e. que le point correspondant à une consommation normale se retrouve à l'extérieur des limites de contrôle est d'environ 4.5 %

Fig7: Aide pour l'interprétation de la carte de contrôle N° 1

CARTE DE CONTROLE N°2

<Esc> : retour au graphique .

Page Up / Page Down : changer de page.

AIDE POUR L'INTERPRETATION DES RESULTATS

Les points de la carte de contrôle représentent les écarts entre les prévisions de consommations spécifiques et les valeurs réellement observées. Pour cette carte, la prévision se fait à partir du DEBIT DE LA PRODUCTION, en utilisant une méthode de régression appropriée.

Un écart positif signifie que la prévision est inférieure à la valeur réelle et un écart négatif, le contraire.

-Si tous les points sont situés à l'intérieur des limites de contrôle (Lim Sup et Lim Inf) et distribués à peu près uniformément autour de l'axe de la carte (Moyenne) alors la consommation d'énergie peut être considérée sous contrôle, pour le débit de production observé.

Cela signifie que le régime de fonctionnement des équipements, relatif à la durée relevée, ne présente pas d'anomalie du point de vue consommation d'énergie.

-Si par contre les points sortent des limites de contrôle , cela signifie que la consommation d'énergie est anormale pour le niveau de débit de production observée. Les équipements ont donc dû consommer plus d'énergie que ne l'exige le régime auquel ils ont fonctionné. On consultera alors à profit les cartes N°1 et N°3 avant d'envisager une action corrective.

-Enfin si les points sont tous à l'intérieur des limites de contrôle mais présentent un alignement régulier ou une succession cyclique régulière, cela dénote une situation anormale.

On pourrait s'attendre à un dérèglement prochain dans la consommation d'énergie, dû au régime de fonctionnement des équipements, par déplacement du point d'opération vers une zone de rendement moindre par exemple.

NB: La probabilité de faire une erreur de première espèce, i.e. que le point correspondant à une consommation normale se retrouve à l'extérieur des limites de contrôle est d'environ 4.5 %

Fig 8 : Aide pour l'interprétation de la carte de contrôle N°2

CARTE DE CONTROLE N°3

<Esc> : retour au graphique.

Page Up / Page Down : changer de page.

AIDE POUR L'INTERPRETATION DES RESULTATS

Les points de la carte de contrôle représentent les écarts entre les prévisions de consommations spécifiques et les valeurs réellement observées.

Pour cette carte, la prévision se fait à partir du TAUX DE STERILES dans le minerai à l'entrée de l'atelier, en utilisant une méthode de régression appropriée.

Un écart positif signifie que la prévision est inférieure à la valeur réellement observée et un écart négatif, le contraire.

-Si tous les points sont situés à l'intérieur des limites de contrôle (Lim Sup et Lim Inf) et distribués à peu près uniformément autour de l'axe de la carte (Moyenne) alors la consommation d'énergie peut être considérée sous contrôle, pour la qualité du minerai utilisé.

-Si par contre les points sortent des limites de contrôle, cela signifie que la consommation d'énergie est anormale pour le pourcentage de stériles contenus dans le minerai. Les équipements ont donc dû consommer plus d'énergie que ne l'exige la qualité du minerai qui parvient à l'atelier de flottation. On consultera alors à profit les cartes N°1 et N°2 avant d'envisager une action corrective.

-Enfin si les points sont tous à l'intérieur des limites de contrôle mais présentent un alignement régulier ou une succession cyclique régulière, cela dénote une situation anormale. On pourrait s'attendre à un dérèglement prochain dans la consommation d'énergie, dû au taux de stériles dans le minerai.

NB: La probabilité de faire une erreur de première espèce, i.e. que le point correspondant à une consommation normale se retrouve à l'extérieur des limites de contrôle est d'environ 4.5 %

Fig 9 : Aide pour l'interprétation de la carte de contrôle N°3

3.3 LES ALGORITHMES

3.3.1 STRUCTURE DES OPERATIONS

Algorithme pour le programme principal : Program Projet

-Répéter

- Afficher un message de présentation
- Obtenir le choix de l'utilisateur entre continuer et sortir
- Si l'utilisateur décide de continuer

Alors

-Répéter

- Obtenir le choix de l'utilisateur entre l'option
Enregistrement, l'option Traitement et la sortie
- Effectuer l'enregistrement ou le traitement suivant
le choix de l'utilisateur

Jusqu'à ce que l'utilisateur décide de sortir

Jusqu'à ce que l'utilisateur décide de sortir

Algorithme pour l'enregistrement

-Répéter

- Afficher la liste des services de l'industrie
- Obtenir le choix de l'utilisateur
- Afficher la liste des postes de consommation du service
choisi
- Obtenir le choix de l'utilisateur
- Obtenir le choix de l'utilisateur entre l'enregistrement de
nouveaux relevés du poste choisi et la modification d'un
ancien enregistrement

Jusqu'à ce que l'utilisateur décide de sortir

Algorithme pour effectuer un nouvel enrégistrement

- Afficher le formulaire d'enrégistrement
- Editer le formulaire
- Si l'enrégistrement n'existe pas déjà sur la disquette de données

Alors

-Calculer les ratios

-Si tous les ratios sont positifs

Alors

-Ecrire la référence de l'enrégistrement dans le fichier

FRef

-Ecrire les relevés et les ratios dans le fichier fDonnees

Sinon

-l'indiquer à l'utilisateur

Sinon

-l'indiquer à l'utilisateur

Algorithme pour modifier un ancien enrégistrement

- Lire au clavier la référence de l'enrégistrement
- Si l'enrégistrement se trouve sur la disquette

Alors

-le charger en mémoire centrale

-Afficher le formulaire et les données à modifier

-Editer le formulaire

-Si la nouvelle référence est différente de l'ancienne

Alors

-S'il n'existe pas un autre enrégistrement sous cette référence

Sinon

- Afficher la liste des services de l'industrie
- Obtenir le choix de l'utilisateur
 - Afficher la liste des postes de consommation du service choisi
 - Obtenir le choix de l'utilisateur
 - Analyser les données du poste de consommation choisi
 - Visualiser les résultats de l'analyse

Algorithme pour l'analyse des données de l'atelier de flottation

- Pour la forme d'énergie et le poste considérés
 - Charger en mémoire les données des 40 derniers mois
 - Déterminer les prévisions de la consommation spécifique pour les treize derniers mois, en utilisant les valeurs du débit de la production et une méthode de régression appropriée
 - Calculer les écarts par rapport à la consommation réelle
 - Déterminer les paramètres de la carte de contrôle
 - Reprendre les mêmes étapes en utilisant les valeurs du taux de stériles
 - Déterminer les prévisions de la consommation spécifique pour les treize derniers mois, en utilisant le modèle du Winter's
 - Calculer les écarts par rapport à la consommation réelle
 - Déterminer les paramètres de la carte de contrôle

Algorithme pour visualiser les résultats de l'atelier de flottation

-Pour la forme d'énergie et le poste considérés

- Créer et afficher une courbe représentant l'évolution de la consommation spécifique pour les treize derniers mois

- Sauvegarder le graphique dans une variable du type pointeur

- Consulter le fichier d'aide de la courbe si l'utilisateur le désire

- Créer et afficher la carte de contrôle des résidus relative au modèle du Winter's

- Sauvegarder le graphique dans une variable du type pointeur

- Consulter le fichier d'aide de la carte si l'utilisateur le désire

- Si l'utilisateur désire revoir un graphique déjà créé

- Afficher le graphique en question

- Consulter le fichier d'aide du graphique si l'utilisateur le désire

- Reprendre les mêmes étapes pour les cartes relatives au débit de la production et au taux de stérilés

3.3.2 LISTE DES PRINCIPAUX IDENTIFICATEURS UTILISES

a) Les variables

NOM	TYPE	DESCRIPTION
Nb1 :	Const,	Nombre de données à traiter;
Nb1 :	Const,	Nombre de résultats à afficher;
a, c :	Const,	Constantes de lissage;
MaxPage :	Const,	Nombre de pages des fichiers d'aide;
Registre :	Record,;	Format d'enregistrement;
Repere :	Array[0..200]	Type pour les références
	of LongInt,	chronologiques;
Tableau :	Array[1..Nb1]	Type pour les données en
	of Real,	mémoire;
TabRef :	Array [1..Nb2]	Type pour les références
	of LongInt,	des données en mémoire;
TextTab :	Array [1..4]	Type pour les en-têtes de
	of string,	graphique;
BufferType :	Array[1..MaxPage,	Type pour le tampon des
	1..24] of String,	fichiers TEXT;
Donnees :	Registre,	Variable d'enregistrement;
Donnees.Mois,		Année et mois de référence
Donnees.annee :	LongInt,	pour un enregistrement;
Donnees.Date1,		
Donnees.Date2,		
Donnees.Date3 :	LongInt,	Date d'enregistrement;

Donnees.Duree : LongInt, Durée de fonctionnement des
 équipements;
 Donnees.QMinE,
 Donnees.QminS : Real, Quantité de minerai
 à l'entrée et à la sortie;
 Donnees.HMoyE,
 Donnees.HMoyS : Real, Humidité moyenne à l'entrée
 et à la sortie;
 Donnees.ConsElec,
 Donnees.ConsDiesel,
 Donnees.ConsEau : Real, Consommations globales d'électricité,
 de diesel-réactif et d'eau;
 Donnees.Debit : Real, débit enregistré;
 Donnees.Taux : Real, Taux de stériles enregistré;
 Donnees.CSElec,
 Donnees.CSDiesel,
 Donnees.CSEau : Real, Consommation spécifique
 d'électricité, de diesel-réactif
 et d'eau;
 FDonnees : File of Registre, Fichier des données;
 Ref : Repere, Référence des enregistrements;
 FRef : File of Repere, Fichier des références;
 Référence, mois,
 Annee : LongInt, Références des données;
 C1E,C2E,C3E : LongInt, Variables associées aux limites;
 CS1,CS2,CS3 : String, de contrôle et à la moyenne;
 ResDebit,ResTaux,
 ResChrono : Tableau, Tableaux des écarts;.

b) Noms et descriptions des procédures et des fonctions

AfficherFormulaire : Affiche le formulaire d'enregistrement;
LecReleve1 : Lit un entier à l'écran;
LecReleve2 : Lit un réel à l'écran;
EditerFormulaire : Edite le formulaire affiché à l'écran;
ChercherPos : Cherche dans le fichier FRef la position
d'une référence donnée;
LecRef: Lit à l'écran la référence d'un ancien
enregistrement à modifier;
AfficherDonnees : Affiche un ancien enregistrement à modifier;
ActualModif : Actualise les fichiers FRef et FDonnees
après les modifications;
ModifEnregist : Modifie un ancien enregistrement;
ActualFRef : Actualise le fichier FRef après un nouvel
enregistrement;
ActualFDonnees : Actualise le fichier FDonnees après un
nouvel enregistrement;
NouvEnregist : Effectue un nouvel enregistrement;
EnregistFlottat : Enregistre les relevés de l'atelier de
flottation;
EnregistLav : Enregistre les relevés du service Laverie;
Enregistrement : Enregistre les relevés des différents services;
NoRefMax : Retourne la position de référence la plus récente;
OrdonnerFRef : Ordonne le fichier des références en ordre
chronologique inverse;
LireDonnees: Lit à partir de la disquette les données spécifiées
ChargerDonnees : Charge en mémoire les données à traiter;

Sigma : Retourne la somme des éléments d'une colonne;
 Carre : Elève au carré un tableau à une dimension ;
 Mult : Fait le produit de deux tableaux à une dimension;
 LogNep : Retourne les logarithmes népériens des
 éléments d'une colonne;
 LogDec : Retourne les logarithmes décimaux des
 éléments d'une colonne;
 DiffTab : Fait la différence entre deux colonnes;
 DiffRealTab : Fait la différence entre un réel et une colonne;
 MoyCarte : Calcule la moyenne d'une série de valeurs;
 DetParCarte : Détermine les paramètres de la carte de contrôle;
 ParReg : Calcule les paramètres d'une régression donnée;
 RechPar : Détermine les paramètres des 4 régressions utilisées;
 MeilCoeff : Détermine le meilleur coefficient de corrélation;
 PrevLin : Fait la prévision en utilisant la régression;
 linéaire PrevExpo : Fait la prévision en utilisant la
 régression exponentielle;
 PrevLog : Fait la prévision en utilisant la
 régression logarithmique;
 PrevPuissance : Fait la prévision en utilisant la
 régression puissance;
 PrevReg : Fait la prévision en utilisant la meilleure
 méthode de régression;
 AnalyseReg : Détermine les résidus après la prévision;
 CalculFs : Calcule les facteurs saisonniers du Winter's;
 CalculFm : Calcule les moyennes de facteurs
 saisonniers du Winter's;
 DetValInit : Calcule les valeurs initiales du modèle du Winter's;

DetParPrev : Détermine les paramètres de prévision du Winter's;
 PrevWinter : Fait la prévision en utilisant le modèle
 du Winter's;
 AnalyseChrono : Détermine les résidus après la prévision;
 AnalyserFlottat : Analyse les données de l'atelier de
 flottation;
 PhotoGraph : Sauvegarde l'image de l'écran dans une variable;
 InfTableau : Retourne la plus petite valeur d'un tableau;
 SupTableau : Retourne la plus grande valeur d'un tableau;
 AnneeMois : Convertit la référence chronologique d'un
 enrégistrement en chaîne de caractères
 CreerCarte : Trace le graphique d'une carte de contrôle;
 CreerCourbe : Trace la courbe d'évolution des consommations;
 Cliche : Affiche l'image de l'écran spécifiée ;
 BrowseFile : Consulte un fichier TEXT de la disquette
 AfficherAide : Affiche le fichier d'aide spécifié;
 RappelCliche : Rappelle un ancien graphique et son Aide;
 VisualiserFlottat : Visualise les résultats de l'atelier de
 flottation;
 TraitementNonAss : Traite les données sans l'assistance de
 l'utilisateur;
 TraitementEner : Fait le traitement pour une forme d'énergie;
 TraitementLav : Fait le traitement pour le service Laverie;
 TraitementAss : Permet à l'utilisateur de choisir les données
 à traiter;
 Traitement : Effectue le traitement des données;

4. DISCUSSION ET RECOMMANDATIONS

Dans la recherche des limites de contrôle pour les variables surveillées nous avons préféré des limites variables, plutôt que des limites fixes calculées une fois pour toutes. Les limites utilisées ont été déterminées à partir des valeurs des quarante mois de fonctionnement les plus récents, afin de tenir compte des variations que peut subir l'ordre de grandeur des relevés.

En outre nous avons supposé, dans toutes les méthodes d'analyse utilisées, que la plupart des résidus correspondent à un fonctionnement normal des équipements. L'erreur que pourrait entraîner cette hypothèse est rattrapée en resserrant les limites de contrôle à $(\mu \pm 2\sigma)$ au lieu de $(\mu \pm 3\sigma)$ habituellement utilisées dans ce genre de travail.

Par ailleurs l'insuffisance des données disponibles n'a pas permis d'effectuer une vérification rigoureuse de ces hypothèses. Nous avons donc procédé par extrapolation à partir des données contenues dans un rapport d'audit énergétique réalisé par le groupe de génie conseil ADS (voir références bibliographiques).

Les valeurs fictives ainsi obtenues sont utilisées pour la démonstration du programme. Elles vont de janvier 1987 à juin 1990 et sont stockées dans le fichier FDonnees de la disquette du projet.

La démonstration du programme permet de vérifier que les points situés en dehors des limites de contrôle correspondent effectivement à des mois dont les relevés présentent une certaine singularité.

Ainsi donc les travaux ultérieurs à ce projet comporteront nécessairement les deux volets suivants :

- la collecte d'un nombre suffisant de données pour effectuer une vérification plus rigoureuse des hypothèses de départ. Cela pourrait aboutir à quelques ajustements supplémentaires sur les méthodes d'analyse utilisées. On pourrait aussi ajouter de nouveaux paramètres à suivre tel que le $\cos(\phi)$ des machines électriques afin de déterminer d'une façon plus précise l'action correctrice à mener. Nous n'avons pas prévu un suivi spécial de ce dernier paramètre parce que cela peut se faire par simple comparaison avec le seuil fixé par la SENELEC .

- L'extension du logiciel à tous les services de l'entreprise. La liste de données proposée dans ce rapport pourrait être consultée à cet effet .

Par ailleurs il est possible de modifier la fréquence de collecte des données de manière à effectuer, par exemple, des relevés hebdomadaires plutôt que mensuels. Cela permettrait de mener des actions correctives éventuelles avant la fin du mois en cours.

Enfin, pour une mise en oeuvre effective de ces recommandations il est important d'impliquer plus directement l'entreprise et ses ingénieurs dans la réalisation du projet.

5. CONCLUSION

L'outil informatique que nous avons élaboré au cours de ce projet permet de faire un travail de suivi énergétique dans l'atelier de flottation, au sein du service Laverie de la Compagnie Sénégalaise des phosphates de Taïba.

Grâce à ce programme il est possible de savoir si les consommations d'énergie de l'atelier sont normales ou non. le programme permet de localiser, dans le cas échéant, les causes de variation responsables de la déviation observée. Les principales causes pouvant être ainsi impliquées sont la détérioration de la structure des équipements, les valeurs excessives du débit de la production et le taux de stériles dans le minerai qui arrive à l'atelier.

L'utilisation du programme peut donc contribuer à orienter efficacement les améliorations du processus de production en vue d'une meilleure performance énergétique des équipements.

Ce travail, de part sa structure et le tour d'horizon qu'il a permis de faire, constitue donc un premier pas dans le développement d'un logiciel couvrant la totalité des services de l'entreprise.

APPENDICES

APPENDICE 1 : DETAILS DES METHODES D'ANALYSE

Nous exposons dans cet appendice le contenu de chacune des méthodes mentionnées dans la deuxième partie du texte. Nous présenterons pour chaque méthode les hypothèses nécessaires à son utilisation, la procédure de calcul et la manière d'interpréter les résultats .

1.1 LES METHODES DE REGRESSION

a) Hypothèses

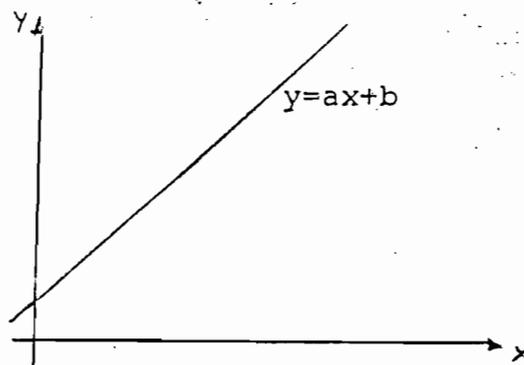
Ces méthodes permettent d'approcher la relation liant deux variables corrélées à l'aide d'une fonction mathématique (linéaire, puissance, exponentielle, logarithmique etc...). On veillera donc que les deux variables soient effectivement corrélées en vérifiant que le coefficient de corrélation est assez proche de 1.

Ces méthodes ne sont vraiment fiables que lorsque le nombre de données est assez élevé.

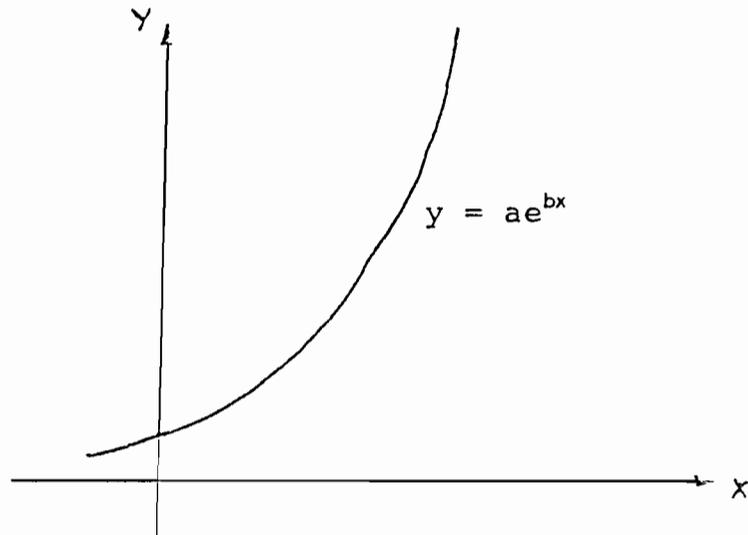
b) Procédure

Les modèles que nous avons utilisés sont :

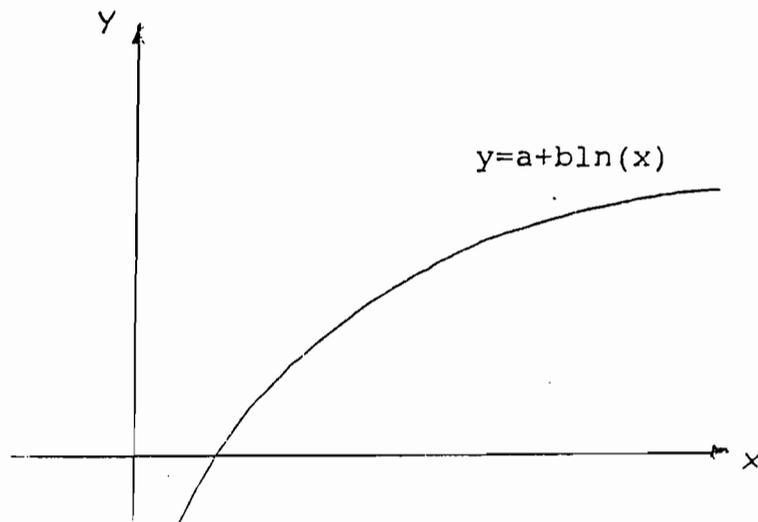
* la régression linéaire $y = ax + b$



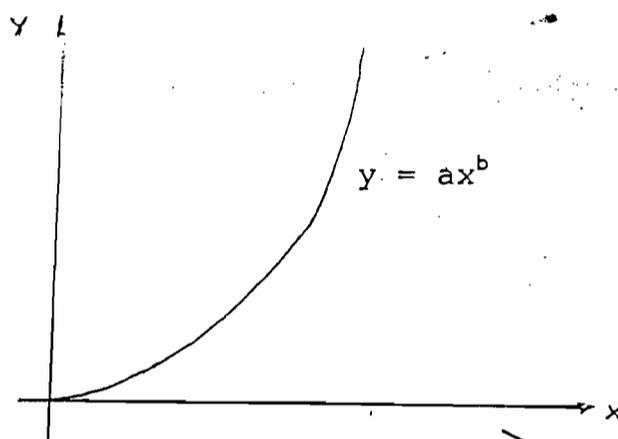
* la régression exponentielle : $y = a e^{bx}$



* la régression logarithmique : $y = a + b \ln(x)$



* la régression puissance : $y = a x^b$



Pour la régression appropriée, on porte les données en graphique et on choisit la régression qui représente le mieux l'allure du graphique; ou alors on calcule le coefficient de corrélation de chaque régression et on retient celle dont le coefficient est le plus proche de 1 .

Soient N = le nombre total de données disponibles

x = la variable indépendante,

y = la variable dépendante (de x) ,

les équations suivantes permettent de déterminer les coefficients a et b des équations de régression :

$$\begin{cases} A (N) + b (\Sigma X_i) & = \Sigma Y_i \\ A (\Sigma X_i) + b (\Sigma (X_i)^2) & = \Sigma (X_i Y_i) \end{cases} ;$$

d'où

$$A = \frac{(\Sigma (X_i^2)) (\Sigma (Y_i^2)) - (\Sigma X_i) (\Sigma (X_i Y_i))}{N (\Sigma (X_i^2)) - (\Sigma X_i)^2}$$

$$B = \frac{N (\Sigma (X_i Y_i)) - (\Sigma X_i) (\Sigma Y_i)}{N (\Sigma (X_i^2)) - (\Sigma X_i)^2}$$

avec

Régression	A	X_i	Y_i
linéaire	a	x_i	y_i
exponentielle	$\ln(a)$	x_i	$\ln(y_i)$
logarithmique	a	$\ln(x_i)$	y_i
Puissance	$\log(a)$	$\log(x_i)$	$\log(y_i)$

La force de liaison entre les deux variables x et y est donnée par le coefficient de corrélation .

Coefficient de détermination :

$$r^2 = \frac{A (\Sigma Y_i) + b (\Sigma X_i Y_i) - (1/N) (\Sigma Y_i)^2}{(\Sigma Y_i^2) - (1/N) (\Sigma Y_i)^2} .$$

Coefficient de corrélation :

$$r = (\text{coefficient de détermination})^{1/2} .$$

Pour une régression linéaire :

$$r = \frac{N (\Sigma x_i y_i) - (\Sigma x_i) (\Sigma y_i)}{(N(\Sigma x_i)^2 - \Sigma x_i^2)^{1/2} (N(\Sigma y_i^2) - (\Sigma y_i)^2)^{1/2}}$$

1.2 LES METHODES D'ANALYSE DE SERIES CHRONOLOGIQUES

Ce sont des techniques basées sur la statistique et employées dans la prévision d'une variable qui évolue dans le temps. Elles sont utilisées lorsque l'on dispose de données sur plusieurs années (saisons) passées et quand ces données présentent des tendances et des relations évidentes et stables (consommation électrique dans un pays, vente d'un produit donné etc...) .

2.2.1 Lissage exponentiel simple

a) Hypothèse

L'utilisation de cette méthode suppose une moyenne constante autour de laquelle on observe des fluctuations dues à la fois aux variations aléatoires et aux imperfections de la méthode. On corrigera les imperfections de la méthode à chaque prévision en y incorporant une portion α de l'erreur. Quant à l'autre portion que nous appellerons ϵ et qui représente les variations aléatoires, elle fera l'objet d'une analyse plus loin. La proportion α s'appelle coefficient de lissage exponentiel.

b) Procédure

Soient,

P_t = prévision effectuée à la période t
(pour la période $t+1$),

P_{t-1} = prévision effectuée à la période $t-1$
(pour la période t),

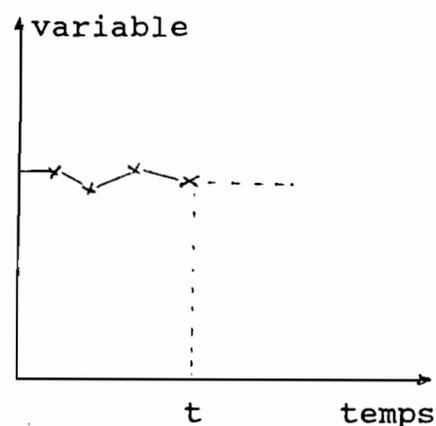
R = valeur observée à la période t ;

on a :

$$0 < \alpha < 1 ,$$

$$P_t = P_{t-1} + \alpha(P_t - P_{t-1}) ,$$

$$P_t = \alpha R_t + (1-\alpha)P_{t-1}$$



Pour que la prévision soit fiable, il faut que le nombre de périodes n dont les données sont disponibles soit au moins égal à :

$$n = (2/\alpha) - 1 , \text{ lorsque } \alpha \text{ est donnée .}$$

Cela permet d'estimer α si n est donné et est assez élevé :

$$\alpha = 2/(n-1)$$

1.2.2 Lissage exponentiel double

a) Hypothèses

Ici on prend en compte la tendance des données. Toutes les autres hypothèses énoncées pour le lissage exponentiel simple restent valables. On suppose toutefois que la tendance est linéaire

b) Procédure

Soient,

Y = la prévision pour la période $t+T$

on a : $0 < \alpha < 1$,

$$Y_{t+T} = A_t + B_t T$$

avec,

$$A_t = 2 P_{t,1} - P_{t,2}$$

$$B_t = (\alpha / (1-\alpha)) (P_{t,1} - P_{t,2})$$

$$P_{t,1} = \alpha R_t + (1-\alpha) P_{(t-1),1}$$

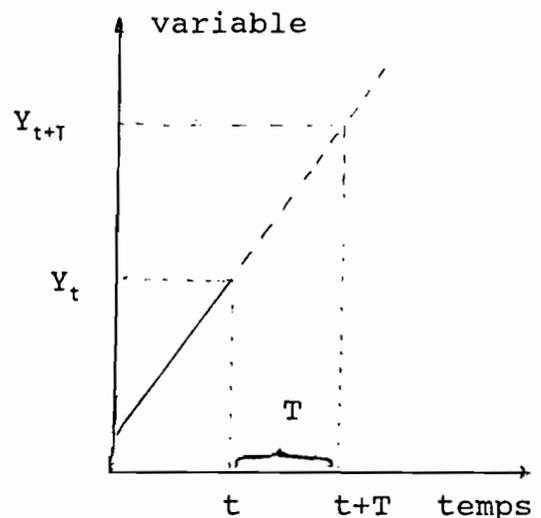
$$P_{t,2} = \alpha P_{t,1} + (1-\alpha) P_{(t-1),2}$$

$$P_{0,1} = a - ((1-\alpha)/\alpha) b$$

$$P_{0,2} = a - (2(1-\alpha)/\alpha) b$$

où a et b sont les coefficients de la droite qui épouse le mieux le profil des données. On pourra les déterminer par une régression linéaire entre t et Y_t

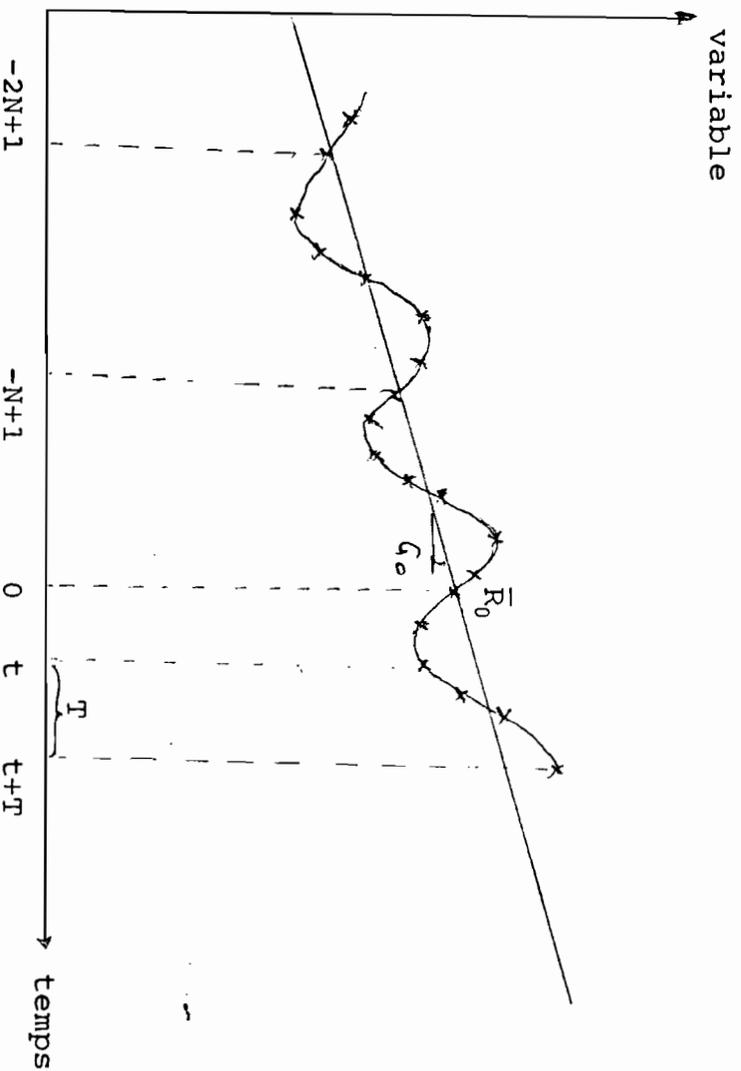
Le lissage exponentiel double permet une prévision pour T périodes dans le futur, avec T n'excédant pas $1/3$ du nombre de périodes dont on dispose des données. Il s'agit là d'une condition de fiabilité valable pour toutes les techniques de prévision mentionnées.



1.2.3 Modèle du Winter's

a) Hypothèses

C'est un lissage exponentiel qui prend en compte les fluctuations saisonnières de la variable.



Procédure

Supposons que l'on soit à la période t de la saison actuelle et que l'on veuille déterminer la prévision pour T périodes dans le futur, soit pour la période $t+T$ de la saison courante. Il est nécessaire d'avoir des données au moins pour les deux dernières saisons (antérieures) .

On procédera alors comme suit :

1- Calculer les valeurs initiales

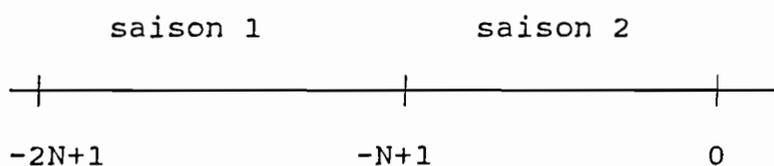
a - Demandes moyennes saisonnières (V)

N = nombre de périodes dans une saison.

(4 trimestre /an, 12 mois/an, 52 semaines/an,

7 jours /semaine...)

R_t = Demande enregistrée à la période t.



$$V_1 = (1/N) \Sigma(R_t) \quad (\text{pour la saison 1})$$

$$V_2 = (1/N) \Sigma(R_t) \quad (\text{pour la saison 2})$$

b - Facteur de tendance (pente).

$$G_0 = (V_2 - V_1) / N$$

c - Point \bar{R}_0

$$\bar{R}_0 = V_2 + G_0 ((N-1)/2)$$

d - Facteurs saisonniers (pour t allant de -2N+1 à 0)

$$F'_t = \frac{R_t}{V_i - ((N+1)/2 - j)G_0}$$

avec $j = j^{\text{eme}}$ période de la saison i

et $V_i =$ demande moyenne de la saison i

e - Moyenne des F'_t des périodes occupant la même position dans les deux dernières saisons

$$\bar{F}_t = (F'_t + F'_{t-N}) / 2 ;$$

f - Valeur normalisée de F_t

$$F_t = (N \bar{F}_t) / (\Sigma (F_t)) \quad (\text{la sommation s'étend sur la saison 1})$$

2 - Faire $t = 1$

3 - A la fin de la période t, la vraie demande R_t est enregistrée.

4 - Calculer

$$\bar{R}_t = a(R_t/F_{t-N}) + (1-a)(\bar{R}_{t-1} + G_{t-1})$$

$$G_t = c(\bar{R}_t - \bar{R}_{t-1}) + (1-c)G_{t-1}$$

$$F_t = b(R_t/\bar{R}_t) + (1-b)F_{t-N}$$

avec $0 < a, b, c < 1$ constantes de lissage.

En général on choisit, pour ces constantes, des valeurs comprises entre 0.02 et 0.3.

Pour ce projet, nous prendrons une valeur moyenne de 0.2 .

5 - Calculer la valeur prévisionnelle P_{t+1}

$$P_{t+1} = (\bar{R}_t + T G_t) F_{t+1-N}$$

6 - Faire $t = t+1$ et aller en 3 .

c) Remarque :

Cette façon de procéder suppose que la tendance observée pendant les deux dernières saisons (antérieures) se maintient depuis le début de la saison actuelle.

Dans le but de tenir compte d'un éventuel biais que pourraient induire les valeurs de la saison actuelle sur la tendance des moyennes saisonnières, nous avons effectué les ajustements suivants sur la procédure générale décrite :

- les deux dernières saisons, utilisées pour calculer les valeurs initiales sont remplacées par les $2N$ périodes les plus récentes, comptées à partir de $t-1$. Cette dernière période devient donc la période 0 et la période actuelle devient la période 1 .

- On utilisera un ensemble de valeurs initiales données, uniquement pour déterminer la prévision d'une seule période dans le futur. On fera donc toujours $T=1$.

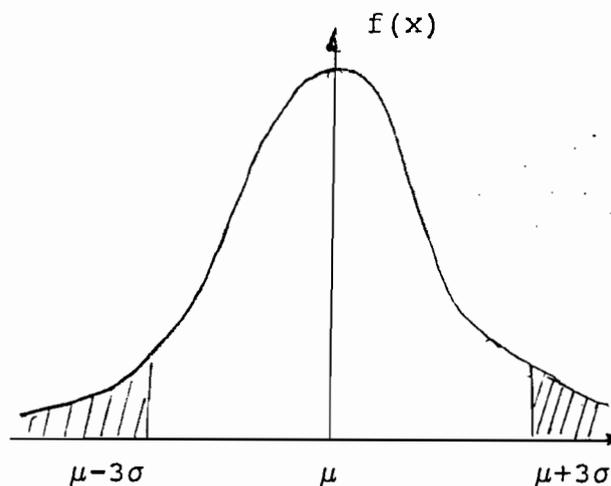
1.3 LA TECHNIQUE DES CARTES DE CONTROLE

a) Hypothèses

Les cartes de contrôle servent à suivre les variations d'une variable soumise dans les conditions habituelles d'opération, à des fluctuations aléatoires (dus au hasard). Elles permettent de surveiller le processus pour s'assurer que les valeurs prises par la variable de contrôle sont d'un niveau acceptable et que rien n'indique un dérèglement prochain.

On appelle causes "non assignables" les causes qui produisent des variations dues au hasard, par exemple, des fluctuations normales dans la qualité des intrants et dans les conditions d'opération .

Nous admettrons que les variations dues au hasard sont généralement distribuées suivant la loi normale .



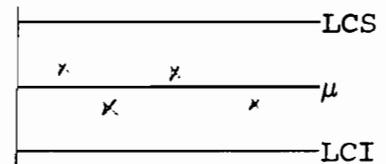
Fonction de densité de la loi normale

b) Procédure

Si la moyenne de la distribution est μ et l'écart type σ , la probabilité que l'une de ces variations soit en dehors de l'intervalle $[\mu-3\sigma, \mu+3\sigma]$ est $2 \times (135/100000) = 27/10000$.
Toute carte de contrôle aura un axe central qui représente une mesure du niveau moyen (μ) des valeurs de la variable suivie.

On aura aussi des limites L.C.S et L.C.I, soient la limite de contrôle supérieure et la limite de contrôle inférieure.

carte typique



Ces limites sont en général fixées à

$(\mu \pm 3\sigma)$, donnant un risque de 27/10000

de faire une erreur de première espèce

c'est-à-dire de considérer la variable suivie comme hors contrôle et nécessitant une action corrective sur les équipements alors qu'elle est sous contrôle .

Pour la mise en oeuvre de cette technique nous remplacerons la moyenne et l'écart-type par leurs estimateurs non biaisés correspondants. Ainsi pour un ensemble de k relevés on aura:

moyenne

$$\mu = (\sum \epsilon_i) / k$$

(estimateur non-biaisé)

écart-type

$$\sigma = [(\sum (\mu - \epsilon_i)^2) / (k-1)]^{1/2}$$

(écart-type statistique corrigé,
estimateur non-biaisé)

On utilise d'autres estimateurs de (μ) et de (σ) lorsque les k relevés considérés sont en fait des lots de taille n chacun; c'est-à-dire comprenant chacun n observations. C'est le cas par exemple lorsque l'on considère k moyennes mensuelles sachant que l'on a fait n observations par mois. Les formules des estimateurs non biaisés de (μ) et de (σ) seront déterminées en rappelant, sans démonstration, le théorème suivant:

Si des observations suivent une distribution normale de moyenne (μ') et d'écart-type (σ') alors la distribution des lots de n observations chacun, suit aussi la loi normale de moyenne $(\mu = \mu')$ et d'écart-type $(\sigma = \sigma' / \sqrt{n})$.

Ainsi, soient ϵ_j ($j=1$ à n) les n observations de chacun des k lots, on calcule un estimateur de la moyenne de chaque lot :

$$\bar{\epsilon}_i = (\sum (\epsilon_j)) / n$$

et l'axe de la carte est donnée par:

$$\mu = (\sum (\bar{\epsilon}_i)) / k$$

Pour les limites de contrôle, il s'agira de déterminer d'abord un estimateur sans biais σ'^* de l'écart-type σ' . Cela nous est fourni par la relation:

$$\sigma'^* = \bar{\sigma} / C_2$$

où $\bar{\sigma} = (\sigma_1 + \sigma_2 + \dots + \sigma_k) / k$

avec

$$\sigma_i = [(\sum (\bar{\epsilon}_i - \epsilon_j)^2) / n]^{1/2}$$

C_2 est un facteur correctif tabulé pour des lots dont la taille n (ici nombre d'observations par mois) est comprise entre 2 et 25:

n	C_2	n	C_2	n	C_2	n	C_2
2	0.5642	8	0.9027	14	0.9454	20	0.9619
3	0.7236	9	0.9139	15	0.9490	21	0.9638
4	0.7979	10	0.9227	16	0.9523	22	0.9655
5	0.8407	11	0.9300	17	0.9551	23	0.9670
6	0.8686	12	0.9359	18	0.9576	24	0.9684
7	0.8886	13	0.9410	19	0.9599	25	0.9696

Pour $n > 25$ on remplace C_2 par 2 .

Les limites de contrôle des moyennes $\bar{\epsilon}_i$ deviennent :

$$\mu \pm 3 (\sigma'^* / n)$$

Pour le contrôle d'une observation quelconque ϵ_j , considérée individuellement, à l'intérieur d'un lot les limites s'écrivent:

$$\mu \pm 3 \sigma'^*$$

c) Règles générales pour l'interprétation des résultats d'une carte de contrôle

Rappelons d'abord que la carte de contrôle est établie pour vérifier si une valeur prise par la variable surveillée est acceptable ou non. Pour établir la carte on partira d'un assez grand nombre de données pour calculer les limites de contrôle . Si le point représentant la variable surveillée se situe à l'intérieur des limites de contrôle le processus de fonctionnement des installations peut être considéré, à toute fin pratique sous contrôle; avec cependant un risque de 27/10000 de se tromper si les limites sont à $\mu \pm 3\sigma$.

De même, tout point tombant à l'extérieur de ces limites indique une variation due à une cause assignable (fluctuation anormale) dont il faut retracer la source et qu'il faut corriger pour ramener le processus sous contrôle .

Cela ne signifie pas que :

- chaque fois qu'un point tombe en dehors des limites, le processus est, à coup sûr, hors contrôle et qu'il faille entreprendre une action corrective pour le ramener sous contrôle;

ni que :

- chaque fois que tous les points se trouvent à l'intérieur des limites, le processus est sous contrôle et qu'on puisse le laisser tranquille et ne point s'en préoccuper.

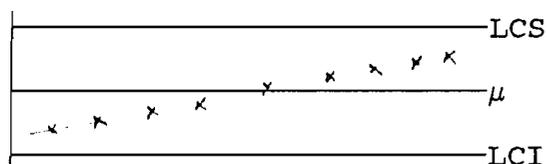
Une règle empirique veut que si sept (7) points consécutifs tombent tous à l'intérieur des limites de contrôle mais d'un seul côté de la ligne de la moyenne, le processus soit considéré hors contrôle.

Une autre règle tout aussi empirique, veut que si moins de 2 ou 3% d'une série de points marqués tombent en dehors des limites le processus soit considéré sous contrôle.

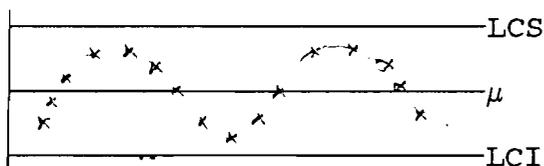
Signalons également que même lorsque tous les points tombent à l'intérieur des limites, certains phénomènes sont à surveiller et nécessitent une action corrective à court ou à long terme.

On distingue:

- les tendances : elles indiquent que le processus est hors contrôle



- les mouvements cycliques : l'illustration montre un mouvement cyclique tellement régulier qu'il ne pourrait être entièrement dû au hasard et dont la cause doit être investiguée.



- une très petite variation autour de la ligne du centre, en général due à des erreurs dans le calcul des limites de contrôle.

- des points qui tombent tous près des limites de contrôle.

Remarquons enfin que pour s'assurer que les points considérés sont distribués suivant la loi normale, on cherchera à effectuer plusieurs observations (environ 4) par mois de façon à faire le suivi sur les moyennes mensuelles. Cela permettra de se conformer au théorème central limite, selon lequel la distribution des moyennes tend asymptotiquement vers la loi normale lorsque le nombre de lots est grand et ceci quelle que soit la loi de probabilité sous-jacente.

Dans ce projet, cependant, nous n'avons prévu qu'une observation par mois, pour chaque variable suivie. Cela vient du fait que les points qui doivent être portés sur la carte de contrôle représentent en fait les écarts, normalement dus au hasard, entre des valeurs prévisionnelles et des valeurs réelles.

Nous resserrerons, en outre, les limites de contrôle afin de tenir compte du fait que les résidus peuvent comporter des erreurs systématiques provenant des imperfections propres aux méthodes de prévision utilisées, malgré les ajustements effectués sur ces méthodes.

Les limites de contrôle seront ainsi placées à $(\mu \pm 2\sigma)$, avec une probabilité de (2×0.02275) qu'un point représentant un fonctionnement normal tombe à l'extérieur.

Cela signifie que les points situés à l'intérieur des limites correspondront, dans un peu plus de 95.45 % des cas, à un fonctionnement normal des équipements.

Ces considérations terminent l'appendice sur les techniques mathématiques que nous avons mentionnées dans l'analyse des ratios.

APPENDICE 2 : LISTAGE DU PROGRAMME

PROGRAM PROJET;

```

{-----}
{AUTEUR      : Gabriel Tsevi VOVOR, Ecole Polytechnique,Thiès }
{DATE        : juin 1990.                                     }
{DESCRIPTION : Ce programme effectue la surveillance des      }
{              consommations d'énergie de la Compagnie       }
{              Sénégalaise des Phosphates de Taïba (C.S.P.T.).}
{              Dans sa version actuelle le programme effectue }
{              le suivi pour l'atelier de flottation du      }
{              service Laverie seulement.                    }
{FICHIER      : PROJET.Pas                                   }
{-----}

```

USES Crt, Graph, GrImpr, Printer, Dos;

CONST

```

Espace : String[12] = ' ' ;
Nb1 = 40 ;      { 2+1=3 années de valeurs disponibles
                + 2 périodes au moins }
Nb2 = 13 ;      { 1 année de valeurs prévisionnelles + 1 mois }
Nb3 = 14 ;      {1+Nb2}
Nb4 = 15 ;      {Nb2+2}
Nb5 = 27 ;      {Nb2+1+Nb2}
a = 0.2 ;      { 0 < a,c < 1 ; constantes de lissage }
c = 0.2 ;
MaxPage = 2 ;

```

TYPE

```

Registre = RECORD
    Mois, Annee, Date3,
    Date1, Date2           : LongInt;
    Duree, QMinE, HMoyE,
    QMinS, HMoyS, ConsElec,
    ConsDiesel, ConsEau,
    Debit, Taux, CSElec,
    CSDiesel, CSEau       : Real;
END;

```

```

Repere = array [0..200] of LongInt;
Tableau = Array [1..Nb1] of Real;
tabRef = array[1..Nb2] of LongInt;
Chaine = String[20];
TextTab = array[1..4] of string;
BufferType = array [1..MaxPage,1..24] of String;

```

VAR

```

Choix1, ChoixService, ChoixEnregist,
ChoixGroupe, ChoixOption, ChoixEner,Ch,
ChoixD, ChoixT, ChoixC,InChar,choixS   : Char;

Donnees                               :Registre;
FDonnees                              :File of registre;
Ref                                    :Repere ;
FRef                                   :File of longInt;
Reference, Mois, Annee,C1E,C2E,C3E,

```

```

Reference, Mois, Annee, C1E, C2E, C3E,
xyz, f, g, Reftampon, MinX, minY, PasYE,
PasXE, tempo                                     : LongInt;

Posi, J, I, Compteur, K, nl, temp,
CodeRetour, Enreg                                : Byte;

ResDebit, ResTaux, ResChrono,
Debit, Taux, Yreel, Yprev, dev, dev2,
YExpo, XLog, XPuiss, YPuiss, X2, Y2, XY,
Fm, Fs, MemY                                     : tableau;

AxeDebit, AxeTaux, AxeChrono,
LCidebit, LCitaux, LCichrono,
LCSdebit, LCStaux, LCSchronos, DevSt,
ALin, AExpo, ALog, APuiss,
bLin, bExpo, bLog, bPuiss,
rLin, rExpo, rLog, rPuiss, det,
V1, V2, Vs, mini, maxi, pasY, Max, interm,
Min, som, MCoef, MoyYreel, aReg                 : Real;

RefC, CoordX, MemX                               : tabref;
PosRefMax                                        : Array [1..Nb1] of Byte;
Liste                                           : Set of Byte;
Rw, Gw                                          : Array [2..Nb4] of Real;
Fw                                              : Array [Nb3..Nb5] of Real;

CarteDebit, CarteTaux,
CarteChrono, Cspec                               : pointer;

t                                                : texttab;

grmode, grdriver, CurrentPage, TempPage,
FirstPage, LastPageInBuffer, Status,
LastPageInFile, blinking, bold, LineNum        : integer;

CoordY                                          : Array [1..Nb2] of LongInt;

C1S, C2S, C3S, unite, TempStr, TopLine,
TempLine                                        : String;

taillecran                                     : word;
InText                                         : Text;
Buffer                                         : BufferType;
BufferEmpty, Erreur                            : Boolean;
Ens                                            : Set of Char;

```

```

PROCEDURE Cadre;
Begin {Procedure Cadre}
  ClrScr; Gotoxy(1,1); Write(chr(201)); Gotoxy(72,1);
  Write(chr(187)); Gotoxy(1,24); Write(chr(200));
  Gotoxy(72,24); Write(chr(188));
  For I := 2 to 71 do
  Begin
    Gotoxy(I,1); Write(chr(205)); Gotoxy(I,24); Write(chr(205));
  End;
  For I := 2 to 23 do
  Begin
    Gotoxy(1,I); Write(chr(186)); Gotoxy(72,I); Write(chr(186));
  End;
End; {Procedure Cadre}

```

```

PROCEDURE AfficherFormulaire;
Begin {procedure afficherformulaire}
  Cadre; HighVideo; GotoXY(25,2);
  Write('ATELIER DE FLOTTATION : Relevés');
  NormVideo; GotoXY(3,4);
  Write('MOIS DE REFERENCE (Mois/Année: mm/aaaa) :      /');
  GotoXY(3,6);
  Write('DATE D'ENREGISTREMENT (jj/mm/aaaa) :      /      /');
  GotoXY(3,8);
  Write('DUREE DE FONCTIONNEMENT CORRESPONDANT AUX RELEVES :
    Heures'); GotoXY(3,10);
  Write('QUANTITE DE MINERAI A L'ENTREE :              Tonnes');
  GotoXY(3,12);
  Write('HUMIDITE MOYENNE A L'ENTREE :              %');
  GotoXY(3,14); Write('QUANTITE DE MINERAI A LA SORTIE :
  Tonnes'); GotoXY(3,16);
  Write('HUMIDITE MOYENNE A LA SORTIE :              %');
  GotoXY(3,18);
  Write('CONSOMMATION D'ELECTRICITE :                kWh');
  GotoXY(3,20);
  Write('CONSOMMATION DE DIESEL REACTIF :            Tonnes');
  GotoXY(3,22); Write('CONSOMMATION D'EAU :          m3');
End;{procedure afficherformulaire}

```

```

PROCEDURE LecRelevel (u, v, d: byte; VAR Releve: LongInt);
Begin
  Ens := ['0'..'9', '+', '-', 'E', 'e', '.']; i := u;
  Str(Releve, TempStr); GotoXY(u,v); Ch:=ReadKey;
  While NOT (Ch=#013) Do
  Begin
    Write(Espace:d+1);
    Repeat
      If (ch in Ens) then
      Begin
        if u <= (i + d - 1) then
        Begin
          TempStr[u-i+1] := ch; GotoXY(u,v); Write(ch);
          u := u + 1; GotoXY(u,v); ch := Readkey;
        End
      End
    Until ch=#013;
  End;

```

```

Else
  Begin
    write(chr(7)); u := i + d;
    GotoXY(u,v); ch := Readkey;
  End;
End
Else
  Begin
    If (ch <> chr(8)) then
      Begin
        write (chr(7)); GotoXY(u,v); ch := readkey;
      End;
    While (ch = chr(8)) Do
      Begin
        Gotoxy(u,v); write(' '); TempStr[u-i+1] := ' ';
        if u > i then
          Begin
            u := u - 1; Gotoxy(u,v); write(' ');
            TempStr[u-i+1] := ' '; Gotoxy(u,v); ch := Readkey;
          End
        else
          Begin
            write(chr(7)); Gotoxy(i,v); ch := readkey;
          End;
        End; {while chr(8)}
      End; {else}
    Until (ch = #013);
    TempStr := '';
    for k := 1 to (u-i) Do TempStr := TempStr + tempStr[k];
  End; {while not ch = #013 }
  while TempStr[1] = ' ' do
    TempStr := Copy(TempStr,2,Length(TempStr));
  j := Pos(' ',TempStr);
  if j <> 0 then Delete(TempStr,j,10);
  Val(TempStr,Releve,Status);
End; {procédure lecRelevel}

```

```

PROCEDURE LecReleve3 (u, v, d: byte; VAR Releve: Real);
Begin
  Ens := ['0'..'9', '+', '-', 'E', 'e', '.']; i := u;
  Str(Releve,TempStr); GotoXY(u,v); Ch:=ReadKey;
  While NOT (Ch=#013) Do
    Begin
      Write(Espace:d+1);
      Repeat
        If (ch in Ens) then
          Begin
            if u <= (i + d - 1) then
              Begin
                TempStr[u-i+1] := ch; GotoXY(u,v); Write(ch);
                u := u + 1; GotoXY(u,v); ch := Readkey;
              End
            Else
              Begin
                write(chr(7)); u := i + d;

```

```

        GotoXY(u,v); ch := Readkey;
    End;
End
Else
Begin
    If (ch <> chr(8)) then
        Begin
            write (chr(7)); GotoXY(u,v); ch := readkey;
        End;
    While (ch = chr(8)) Do
        Begin
            Gotoxy(u,v); write(' '); TempStr[u-i+1] := ' ';
            if u > i then
                Begin
                    u := u - 1; Gotoxy(u,v); write(' ');
                    TempStr[u-i+1] := ' '; Gotoxy(u,v); ch := Readkey;
                End
            else
                Begin
                    write(chr(7)); Gotoxy(i,v); ch := readkey;
                End;
            End; {while chr(8)}
        End; {else}
    Until (ch = #013);
    TempStr := '';
    for k := 1 to (u-i) Do TempStr := TempStr + tempStr[k];
End; {while not ch = #013 }
while TempStr[1] = ' ' do
TempStr := Copy(TempStr,2,Length(TempStr));
j := Pos(' ',TempStr);
if j <> 0 then Delete(TempStr,j,10);
Val(TempStr,Releve,Status);
End; {lecReleve3}

```

PROCEDURE EditerFormulaire;

```

BEGIN {procedure editerformulaire}
    WITH Donnees DO
        Begin
            LecRelevel (45, 4, 2, Mois); LecRelevel (52, 4, 4, Annee);
            LecRelevel (40, 6, 2, Date1); LecRelevel (45,6, 2, Date2);
            LecRelevel (50, 6, 4, Date3); LecReleve3 (55, 8, 6, Duree);
            LecReleve3 (36, 10, 9, QMinE);LecReleve3 (33, 12, 6, HMoyE);
            LecReleve3 (37, 14, 9, QMinS);LecReleve3 (34, 16, 6, HMoyS);
            LecReleve3 (32, 18, 10, ConsElec);
            LecReleve3 (36, 20, 9, ConsDiesel);
            LecReleve3 (24, 22, 9, ConsEau);
        end; {with}
        Reference := (Donnees.Annee*100) + Donnees.Mois;
    END;{procedure editerFormulaire}

```

```

PROCEDURE CalculRatios ;
BEGIN
  WITH Donnees DO
    Begin
      Debit := QMinS/Duree ;
      Taux := (1-(HMoyE/100))*QMinE-(1-(HMoyS/100))*QMinS;
      Taux:=Taux / ((1-(HMoyE/100))*QMinE);
      CSElec := ConsElec/QMinS; CSDiesel := ConsDiesel/QMinS;
      CSEau := ConsEau/QMinS;
    END; {With}
  END; {calculRatios}

```

```

PROCEDURE chercherPos;
Begin
  Assign(FRef,'b:FRef.Dat'); {$I-} Reset(FRef) {$I+};
  IF Not (IOResult=0) THEN Rewrite(FRef)
  Else
    Begin
      Posi :=0;
      REPEAT
        seek(FRef,Posi); Read(FRef,Ref[Posi]); Posi:=Posi+1;
      UNTIL (Ref[Posi-1] = Reference)
            OR (Posi = filesize(FDonnees));
    End;
  End;

```

```

PROCEDURE LecRef;
BEGIN {procedure lecref}
  ClrScr; GotoXY(10,10);
  Write('ENTRER LA REFERENCE DE L''ENREGISTREMENT');
  GotoXY(10,12);
  Write('A MODIFIER (Mois / Année : mm/aaaa) :    /');
  GotoXY(48,12); Read(Mois); GotoXY(53,12); Read(Annee);
  Reference := (Annee*100)+Mois;
END;{lecRef}

```

```

PROCEDURE AfficherDonnees;
BEGIN
  WITH Donnees DO
    BEGIN
      GotoXY(45,4); Write(Mois:2); GotoXY(52,4); Write(Annee:4);
      GotoXY(40,6); Write(Date1:2);GotoXY(45,6); Write(Date2:2);
      GotoXY(50,6); Write(date3:4); GotoXY(55,8); Write(Duree:4:2);
      GotoXY(36,10); Write(QMinE:6:2);GotoXY(33,12);
      Write(HMoyE:3:2); GotoXY(37,14); Write(QMinS:6:2);
      GotoXY(34,16); Write(HMoyS:3:2); GotoXY(32,18);
      Write(ConsElec:7:2); GotoXY(36,20); Write(ConsDiesel:6:2);
      GotoXY(24,22); Write(ConsEau:6:2);
    END;{With}
  END;{afficherDonnees}

```

```

PROCEDURE ActualModif;
Begin
  CalculRatios;
  If ((Donnees.Debit>0) and (Donnees.Taux>0) and
      (Donnees.CSElec>0) and (Donnees.CSDiesel>0) and
      (Donnees.CSEau>0)) Then
    Begin
      Ref[J]:= Reference; Seek(FRef, J); Write(FRef,Ref[J]);
      Seek(FDonnees,J); Write(FDonnees,Donnees);
    End
  Else
    Begin
      ClrScr; Gotoxy(10,10);
      Write('ATTENTION ! INCOMPATIBILITE ENTRE LES DONNEES ');
      Gotoxy(10,12);write('D''ENTREE ET DE SORTIE'); Gotoxy(10,15);
      Write('Appuyer sur une touche pour continuer'); ch:=Readkey;
    End;
  End;

```

```

PROCEDURE PasFDonnees;
Begin
  ClrScr; GotoXY(10,10);
  Write('IL N''EXISTE PAS DE FICHER DE DONNEES SUR LA DISQUETTE');
  GotoXY(10,12);
  Writeln('APPUYER SUR UNE TOUCHE POUR CONTINUER: ');Ch := Readkey;
  End;

```

```

PROCEDURE Reedition;
Begin
  AfficherFormulaire;
  Seek(FDonnees, Posi-1); Read(FDonnees, Donnees);
  AfficherDonnees ; EditerFormulaire ;
  End;

```

```

PROCEDURE PresEnregist;
Begin
  clrscr; Gotoxy(10,10);
  write('ATTENTION! IL EXISTE DEJA UN ENREGISTREMENT');
  Gotoxy(15,12);write('SOUS CETTE REFERENCE'); Gotoxy(10,15);
  write('Appuyer sur une touche pour continuer');ch:=readkey;
  End;

```

```

PROCEDURE PasEnregist;
Begin
  ClrScr; GotoXY(10,10);
  Write('L''ENREGISTREMENT SPECIFIE NE SE TROUVE PAS ');
  GotoXY(13,12); Write(' SUR LA DISQUETTE DE DONNEES');
  GotoXY(10,14);
  Write ('Appuyer sur une touche pour continuer '); Ch:=Readkey;
  End;

```

```

PROCEDURE ModifEnregist;
BEGIN {procedure modifenregist}
  LecRef;Assign(FDonnees,'b:FDonnees.Dat');
  {$I-} Reset(FDonnees); {$I+}
  IF NOT (IOResult =0) THEN PasFDonnees
  ELSE
  BEGIN
    chercherPos;
    IF (Ref[Posi-1] = Reference) THEN
      Begin
        Enreg := Posi - 1;RefTampon:=Reference; Reedition;
        J:= Enreg;
        If (Reftampon=reference) then actualModif
        Else
          Begin
            chercherPos;
            IF not (Ref[Posi-1] = Reference) THEN ActualModif
            Else PresEnregist;
          End; {else reftamp}
        End {If Ref}
      ELSE PasEnregist;
      Close(FRef); Close(FDonnees);
    END; {Else IOResult}
  END; {procedure ModifEnregist}

```

```

PROCEDURE ActualFRef;
BEGIN
  Assign(FRef, 'b:FRef.dat'); {$I-} Reset(FRef) {$I+};
  IF Not (IOResult=0) THEN Rewrite(FRef);
  Ref[filesize(FDonnees)]:=Reference;
  {Ref[i] contient la reference du i+1 ème enregistrement}
  Seek(FRef,filesize(FDonnees));
  Write(FRef,Ref[filesize(FDonnees)]);
  Close(FRef);
END;{procedure actualFRef}

```

```

PROCEDURE ActualFDonnees;
BEGIN
  ActualFRef;
  Seek(FDonnees,filesize(FDonnees)); Write(FDonnees,Donnees);
  Close(FDonnees);
END;

```

```

PROCEDURE NouvEnregist ;
BEGIN {procedure nouvelregist}
  ClrScr; GotoXY(10,10);
  Write('ASSUREZ - VOUS QUE L''ESPACE DISPONIBLE SUR LA
DISQUETTE');
  GotoXY(25,12); Write('DE DONNEES EST SUFFISANT');GotoXY(10,15);
  Write('Appuyer sur une touche pour continuer '); Ch:= ReadKey;
  AfficherFormulaire; EditerFormulaire;
  Assign(FDonnees,'b:FDonnees.Dat'); {$I-} Reset(FDonnees) {$I+};
  IF not (IOResult=0) Then Rewrite(Fdonnees);

```

```

chercherPos;
close(FRef);
IF not (Ref[Posi-1] = Reference) THEN
  Begin {if not ref}
    CalculRatios ;
    If ((Donnees.Debit>0) and (Donnees.Taux>0) and
        (Donnees.CSElec>0) and (Donnees.CSDiesel>0) and
        (Donnees.CSEau>0)) Then ActualFDonnees
    Else
      Begin
        ClrScr; Gotoxy(10,10);
        Write('ATTENTION ! INCOMPATIBILITE ENTRE LES DONNEES ');
        Gotoxy(10,12);write('D''ENTREE ET DE SORTIE');
        Gotoxy(10,15);
        Write('Appuyer sur une touche pour continuer');ch:=Readkey;
      End;
    end {if not ref}
  Else
    Begin
      ClrScr; Gotoxy(10,10);
      write('ATTENTION ! CET ENREGISTREMENT EXISTE DEJA');
      Gotoxy(10,12);
      write('Appuyer sur une touche pour continuer '); ch:=readkey;
    End;
  END;{NouvEnregist}

```

```

PROCEDURE EnregistFlottat;
BEGIN {procedure EnregistFlottat }
  REPEAT
    ClrScr; HighVideo; GotoXY(5,10);
    Write(' ATELIER DE FLOTTATION : OPTIONS D''ENREGISTREMENT');
    NormVideo; GotoXY(10,13); Write('1- NOUVEL ENREGISTREMENT');
    GotoXY(10,15); Write('2- MODIFICATION D''ANCIEN ENREGISTREMENT');
    GotoXY(10,18);
    Write('Choisir un numéro ou Entrer S pour sortir :');
    Read(ChoixEnregist); ChoixEnregist := UpCase(ChoixEnregist);
    CASE ChoixEnregist OF
      '1' : NouvEnregist; '2' : ModifEnregist;
    END; {case}
  UNTIL ChoixEnregist = 'S';
END; {procedure EnregistFlottat }

```

```

PROCEDURE EnregistLav;
BEGIN {procedure EnregistLav}
  REPEAT
    ClrScr; HighVideo; GotoXY(5,2);
    Write('LISTE DES GROUPES DE CONSOMMATEURS DU SERVICE LAVERIE');
    Normvideo; GotoXY(10,5);
    Write('1- SERVICE CONSIDERE GLOBALEMENT'); GotoXY(10,7);
    Write('2- ATELIER DE PREPARATION'); GotoXY(10,9);
    Write('3- ATELIER DE FLOTTATION'); GotoXY(10,11);
    Write('4- REPRISE DES STERILES'); GotoXY(10,13);
    Write('5- ALIMENTATION EN EAU (Forages Profonds)');
    GotoXY(10,15); Write('6- POMPES DE SURFACE'); GotoXY(10,18);
  
```

```

Write('Choisir un numéro ou Entrer S pour sortir :');
Read(ChoixGroupe); ChoixGroupe := UpCase(ChoixGroupe);
CASE ChoixGroupe OF
  '1': EnregistFlottat; '2': EnregistFlottat;
  '3': EnregistFlottat; '4': EnregistFlottat;
  '5': EnregistFlottat; '6': EnregistFlottat;
END; {case}
UNTIL ChoixGroupe = 'S';
END; {procedure EnregistLav}

```

```

PROCEDURE Enregistrement;
BEGIN {procedure enregistrement}
  REPEAT
    ClrScr; GotoXY(5,2); HighVideo;
    Write('ENREGISTREMENT : LISTE DES SERVICES'); Normvideo;
    GotoXY(8,4); Write('1- INDUSTRIE CONSIDEREE GLOBALEMENT');
    GotoXY(8,6); Write('2- SERVICE DECAPAGE SUPERIEUR');
    GotoXY(8,8); Write('3- SERVICE EXTRACTION');
    GotoXY(8,10); Write('4- SERVICE PRETRAITEMENT');
    GotoXY(8,12); Write('5- SERVICE LAVERIE');
    GotoXY(8,14); Write('6- SERVICE SECHAGE');
    GotoXY(8,16); Write('7- SERVICES GENERAUX'); GotoXY(8,20);
    Write('Choisir un numéro ou Entrer S pour sortir :');
    Read(ChoixService);
    CASE ChoixService OF
      '1' : EnregistLav; '2' : EnregistLav;
      '3' : EnregistLav; '4' : EnregistLav;
      '5' : EnregistLav; '6' : EnregistLav;
      '7' : EnregistLav;
    END; {case}
    UNTIL Upcase(ChoixService) = 'S'; {test de sortie}
  END; {procedure enregistrement}

```

```

PROCEDURE NoRefMax;
  Var
    NoRefT : Byte; lecture:char;

  Begin {procedure NoRefMax}
    Posi:=0;
    Repeat
      If not (Posi in Liste) Then
        Begin
          Seek(FRef,Posi); Read(FRef,Ref[Posi]);
          NoRefT:=Posi; lecture:='o';
        End {if not }
      Else
        Posi:=Posi+1;
    Until (lecture='o') Or (Posi= FileSize(FDonnees)) ;
    If (lecture='o') Then
      Begin
        For I:= (Posi+1) To (FileSize(FDonnees)-1) Do
          Begin
            Seek(FRef,I); Read(FRef,Ref[I]);
            If Ref[NoRefT] < Ref[I] Then

```

```

        If not (I in Liste) Then
            NoRefT:= I;
        End; {for}
        Tempo := NoRefT;
    End; {If lect}
End; {fonction NoRefMax}

```

```

PROCEDURE OrdonnerFRef (LimMin :byte );
Begin {procedure OrdonnerFRef}
    J:=0; Liste:=[];
    Repeat
        NoRefMax; PosRefMax[LimMin+J]:=Tempo;
        Liste:= Liste + [PosRefMax[LimMin+J]]; J:=J+1;
    Until (J=(Nb1-LimMin+1)) Or (J= Filesize(FDonnees));
End; {procedure OrdonnerFRef}

```

```

PROCEDURE LireDonnees (VAR ConsoSpec: Real);
Begin {procedure liredonnees}
    compteur:=0;
    Repeat
        Compteur:=compteur+1;
        Seek(FDonnees, PosRefMax[Compteur]);Read(Fdonnees,Donnees);
        If compteur <= Nb2 Then
            RefC[compteur]:= (Donnees.Annee*100)+Donnees.Mois;
            Debit[Compteur]:= Donnees.Debit;Taux[Compteur] :=Donnees.Taux;
            Yreel[Compteur]:=ConsoSpec;
            If (Compteur + 1) > Filesize(FDonnees) Then
                Begin {if}
                    ClrScr; Gotoxy(10,8);
                    Write('LES DONNEES EXISTANT SUR LA DISQUETTE COURANTE SONT ');
                    Gotoxy(30,9); Write('INSUFFISANTES'); Gotoxy(10,11);
                    Write('INSERER LA DISQUETTE DE DONNEES SUIVANTE (la plus
récente)');Gotoxy(10,14);
                    Write('Appuyer sur une touche pour continuer ');Ch:=Readkey;
                    Reset(FDonnees); Reset(FRef) ;OrdonnerFRef (Compteur + 1);
                End; {if}
            Until (compteur=Nb1); {for}
    End; {procédure liredonnees}

```

```

PROCEDURE ChargerDonnees (VAR ConsoSpec: Real);
Begin {procedure chargerDonnees}
    Assign (FDonnees, 'b:FDonnees.Dat');Assign (FRef, 'b:FRef.Dat');
    {$I-}Reset (FDonnees); Reset (FRef); {$I+}
    if not (IOResult = 0) then
        Begin
            ClrScr; Gotoxy(10,10);
            Write('INSEREZ LA DISQUETTE DE DONNEES DANS L''UNITE B');
            Gotoxy(10,12); Write('Appuyer sur une touche pour continuer ');
            Ch:=Readkey; Reset(FDonnees); Reset(FRef) ;
        End;
        OrdonnerFRef(1); LireDonnees ( ConsoSpec);
        Close(FRef); Close(FDonnees);
    End; {procedure ChargerDonnees}

```

```

FUNCTION  Sigma (terme:Tableau;LimInf, LimSup:byte):Real;
Begin
  Som:=terme[LimInf];
  begin
    For J:=(LimInf+1) To LimSup Do Som:=Som+terme[J];
  end;
  Sigma:=som;
End;

PROCEDURE  carre(facteur:tableau;Var facteur2:Tableau;
                LimInf, LimSup:byte);
Begin
  For J:=LimInf To LimSup Do facteur2[J]:=sqr(facteur[J]);
End;

PROCEDURE  mult(facteur1,facteur2:tableau;Var produit:Tableau;
                LimInf, LimSup:byte);
Begin
  For J:=LimInf To LimSup Do produit[J]:=facteur1[J]*facteur2[J];
End;

PROCEDURE  LogNep(facteur:tableau;Var facteur2:tableau;
                  LimInf, LimSup:byte);
Begin
  For J:=LimInf To LimSup Do facteur2[J]:=Ln(facteur[J]);
End;

PROCEDURE  LogDec(facteur:tableau;Var facteur2:tableau;
                  LimInf, LimSup:byte);
Begin
  For J:=LimInf To LimSup Do facteur2[J]:=Ln(facteur[J])/Ln(10.0);
End;

PROCEDURE  DiffTab(terme1,terme2:tableau;Var Ecart:tableau;
                  LimInf, LimSup:byte);
Begin
  For J:=LimInf to LimSup Do Ecart[J] := terme1[J] - terme2[J];
End;

PROCEDURE  DiffRealTab(terme1:Real;terme2:tableau;
                       Var Ecart:tableau;LimInf, LimSup:byte);
Begin
  For J:=LimInf to LimSup Do Ecart[J] := terme1 - terme2[J];
End;

FUNCTION  MoyCarte (Points:tableau):Real;
Begin
  MoyCarte := ( Sigma(Points,1,Nb2) ) / Nb2;
End;

```

```

FUNCTION EcartType (Points:tableau;Var Axe:Real):Real;
Begin
  DiffrealTab(Axe,Points,dev,1,Nb2); carre(dev,dev2,1,Nb2);
  EcartType := sqrt( sigma(dev2,1,Nb2) / (Nb2-1) );
End;

PROCEDURE DetParCarte (Points:tableau; Var Axe,LCI,LCS:Real);
Begin
  Axe := MoyCarte (Points); DevSt := EcartType (Points,Axe);
  LCI := Axe - (2 * DevSt); LCS := Axe + (2 * DevSt);
End;

PROCEDURE ParReg (X,Y :Tableau; Var A, b, r :Real);
Begin
  carre(X,X2,1,Nb1); mult(X,Y,XY,1,Nb1); carre(Y,Y2,1,Nb1);
  det:=Nb1*Sigma(X2,1,Nb1) - sqr(Sigma(X,1,Nb1));
  A:=Sigma(X2,1,Nb1)*Sigma(Y,1,Nb1);
  A:= A - Sigma(X,1,Nb1)*Sigma(XY,1,Nb1); A:=A /det;
  b:=Nb1*Sigma(XY,1,Nb1) - Sigma(X,1,Nb1)*Sigma(Y,1,Nb1);
  b:=b/det; r:=A*Sigma(Y,1,Nb1) + b*Sigma(XY,1,Nb1) ;
  r := r - (sqr(Sigma(Y,1,Nb1))/Nb1);
  r:=r/(Sigma(Y2,1,Nb1) - (sqr(Sigma(Y,1,Nb1))/Nb1)); r:=sqrt(r);
End;

PROCEDURE RechPar (Abscisses:Tableau);
Begin
  ParReg (Abscisses,Yreel,ALin,bLin,rLin);
  LogNep(Yreel,YExpo,1,Nb1);
  ParReg(Abscisses,YExpo,AExpo,bExpo,rExpo);
  LogNep(Abscisses,XLog,1,Nb1);
  ParReg(XLog,Yreel,ALog,bLog,rLog);
  LogDec(Abscisses,XPuiss,1,Nb1);
  LogDec(Yreel,YPuiss,1,Nb1);
  ParReg(XPuiss,YPuiss,APuiss,bPuiss,rPuiss);
End;

PROCEDURE MeilCoeff;
Begin
  If rLin > rExpo Then MCoeff:= rLin
  Else MCoeff:=rExpo;
  If MCoeff < rLog Then MCoeff:=rLog;
  If MCoeff < rPuiss Then MCoeff:=rPuiss;
End;

PROCEDURE PrevLineaire (Abscisses:Tableau);
Begin
  aReg:=ALin;
  For J:=1 to Nb2 Do Yprev[J]:= (aReg * abscisses[J]) + bLin;
End;

```

```

OPROCEDURE PrevExpo (Abscisses:Tableau);
Begin
  aReg:=Exp(AExpo);
  For J:=1 to Nb2 Do
    Yprev[J]:= aReg * (Exp(bExpo * abscisses[J]));
  End;

PROCEDURE PrevLog (Abscisses:Tableau);
Begin
  aReg:=ALog;
  For J:=1 To Nb2 Do Yprev[J]:= aReg + (bLog * Ln(abscisses[J]));
  End;

PROCEDURE PrevPuissance (Abscisses:Tableau);
Begin
  aReg:= Exp(APuiss * Ln(10));
  For J:=1 to Nb2 Do
    Yprev[J]:= aReg * (Exp(bPuiss * Ln(abscisses[J])));
  End;

PROCEDURE PrevReg (Abscisses:Tableau);
Begin
  RechPar (Abscisses); MeilCoeff;
  If MCoef= RLin Then PrevLineaire (Abscisses);
  If MCoef= RExpo Then PrevExpo (Abscisses);
  If MCoef= RLog Then PrevLog (Abscisses);
  If Mcoef= RPuiss Then PrevPuissance (Abscisses);
  End;

PROCEDURE AnalyseReg(Abscisses:Tableau;Var Res:tableau);
BEGIN
  PrevReg (Abscisses); diffTab(Yreel,Yprev,Res,1,Nb2);
  END;

PROCEDURE CalculFs(Var fact:Real);
Begin
  If ((I+2) <= J) and (J <= (I+1+Nb2)) Then
    Begin
      Vs:= V1; K:=(Nb2+1) - (J-(I+1));
    End;
  If ((I+2+Nb2) <= J) and (J <= (I+1+(2*Nb2))) Then
    Begin
      Vs:= V2; K:=(Nb2+1) - (J-(I+1+Nb2));
    End;
  fact:= Vs - (((Nb2+1)/2)-K)*Gw[I+2]; fact := Yreel[J] / fact;
  End; {procedure calculFs}

```

```

PROCEDURE CalculFm;
Begin
  For J:=(I+2) to (I+1+Nb2) Do
    Begin
      calculFs(Fs[J]); calculFs(Fs[J+Nb2]);
      Fm[J]:= (Fs[J] + Fs[J+Nb2]) / 2;
    End;
  End;

PROCEDURE DetValInit;
Begin
  V1:= sigma(Yreel,I+2,I+1+Nb2);
  V2:= sigma(Yreel,I+2+Nb2,I+1+(2*Nb2));
  Gw[I+2]:= (V1-V2) / Nb2; Rw[I+2]:= V1 + (((Nb2-1)/2))*Gw[I+2];
  CalculFm;Fw[I+1+Nb2]:= (Nb2*Fm[I+1+Nb2])/(sigma(Fm,I+2,I+1+Nb2));
  End;

PROCEDURE DetParPrev;
Begin
  DetValInit;
  Rw[I+1] :=(a*(Yreel[I+1]/Fw[I+1+Nb2])) ;
  Rw[I+1] := Rw[I+1] + ((1-a)*(Rw[I+2]+Gw[I+2]));
  Gw[I+1]:= (c * (Rw[I+1]-Rw[I+2])) + ((1-c) * Gw[I+2]);
  Fw[I+Nb2]:= (Nb2*Fm[I+Nb2]) / (sigma(Fm,I+2,I+1+Nb2));
  End;

PROCEDURE PrevWinter;
Begin
  For I:=1 to Nb2 Do
    Begin
      DetParPrev; Yprev[I]:= (Rw[I+1]+ 1*Gw[I+1])*Fw[I+Nb2];
    End;
  end;

PROCEDURE AnalyseChrono;
BEGIN
  PrevWinter; DiffTab(Yreel,Yprev,ResChrono,1,Nb2);
  END;

PROCEDURE AnalyserFlottat (VAR ConsoSpec: Real);
BEGIN
  ChargerDonnees (ConsoSpec);
  MoyYreel:= ( Sigma(Yreel,1,Nb2) ) / Nb2;;
  AnalyseReg (Debit,ResDebit);
  DetParCarte(ResDebit,AxeDebit,LCIdebit,LCSdebit);
  AnalyseReg (Taux,ResTaux);
  DetParCarte(ResTaux,AxeTaux,LCItaux,LCSstaux);
  AnalyseChrono;
  DetParCarte(ResChrono,AxeChrono,LCIchrono,LCSchrono);
  END;

```

```

PROCEDURE PhotoGraph (VAR NomPhoto : pointer);
BEGIN
  tailecran:=imagesize(0,0,getmaxX,getmaxY);
  getMem(NomPhoto,tailecran);
  getImage(0,0,getMaxX,getMaxY,NomPhoto^);
END;

PROCEDURE point(x,y:integer);
Begin
  line((x-4),(y-2),(x-4),(y+2)); line((x-4),(y+2),(x+4),(y+2));
  line((x+4),(y+2),(x+4),(y-2)); line((x-4),(y-2),(x+4),(y-2));
End;

PROCEDURE inf(nbr1:Real;var nbr2,nbr3:Real);
Begin
  if nbr1<nbr2 then nbr3:=nbr1 else nbr3:=nbr2;
End;

FUNCTION InfTableau(var A:tableau;var nbr:byte;num:byte):Real;
Begin
  Max:=5E10;Interm:=Max; For i:=1 to num do
  Begin
    inf(max,A[i],max); if max<interm then temp:=i; interm:=max;
  End;
  Nbr:=temp; inftableau:=interm;
End;

PROCEDURE Sup (nbr1:Real;var nbr2,nbr3:Real);
Begin
  if nbr1<nbr2 then nbr3:=nbr2 else nbr3:=nbr1;
End;

FUNCTION SupTableaux(var A:tableau;num:byte):Real;
Begin
  min:=-5E10; for i:=1 to num do Sup(min,A[i],min);
  SupTableaux:=min;
End;

PROCEDURE AnneeMois(Rep:tabref);
var mois,Fs:string[5];

begin {procedure AnneeMois}
  For i:=1 to Nb2 do
  begin {for}
    line((Minx+10+(i-1)*PasXE),(getmaxy-MinY),
      (Minx+10+(i-1)*PasXE),(getmaxy-MinY+4));
    f:=Round(Rep[i]/100); g:=Rep[i]-100*f; str(f,fs);
    case g of
      1:mois:='Jan';           6:mois:='Juin';
      2:mois:='Fev';          7:mois:='Juil';
    end
  end
end

```

```

    3:mois:='Mars';           8:mois:='Aout';
    4:mois:='Avri';          9:mois:='Sept';
    5:mois:='Mai';           10:mois:='Oct';
    11:mois:='Nov';          12:mois:='Dec';
  end; {case}
  outtextxy((Minx+10+(i-1)*PasXE),(getmaxY-MinY+10),mois);
  if mois='Jan' then
    outtextxy((Minx+10+(i-1)*PasXE),(getmaxY-MinY+20),fs);
    OutTextxy((xyz),(MinY-5),Unite);
  end; {for}
end; {procedure anneemois}

```

```

PROCEDURE CreerCarte(texte:TextTab;X:TabRef;Y:Tableau;
                    C1,C2,C3:Real; Var NomCliche:pointer);
begin {CreerCarte}
  clrscr; Detectgraph(grdriver,Grmode);
  Initgraph(grdriver,Grmode,'');
  if GraphResult<>0 then
    begin
      clrscr; write('Erreur De carte graphique');delay(5000);
      erreur:= true; exit;
    end
  else
    begin
      CASE grmode of
        2,4:xyz:=5;    0:xyz:=7;
      end;
      MinX:=45 + round(getMaxX/8); MinY:=round(getMaxY/8);
      Mini:=InfTableau(Y,nL,Nb2); Inf(Mini,C3,Mini);
      Maxi:=Suptableaux(Y,Nb2); Sup(Maxi,C1,Maxi);
      PasY:=(Maxi-Mini)/(Nb2-1);
      rectangle(MinX,MinY,(getmaxX-minX+60),(getmaxY-minY));
      j:=Nb2+1; for i:=1 to Nb2 do
        begin
          j:=j-1; MemX[i]:=X[j];MemY[i]:=Y[j];
        end;
      PasXE:=round((GetmaxX-2*MinX+60-20)/(Nb2-1));
      PasYE:=round((GetmaxY-2*MinY-20)/(Nb2-1));
      C1E:=getMaxY-MinY-10-Round(((C1-Mini)/pasY))*PasYE;
      C2E:=getMaxY-MinY-10-Round(((C2-Mini)/pasY))*PasYE;
      C3E:=getMaxY-MinY-10-Round(((C3-Mini)/pasY))*PasYE;
      Str(C1:12:2,C1S);Str(C2:12:2,C2S);Str(C3:12:2,C3S);
      outTextxy((getmaxX-MinX+65),C1E,'Lim.Sup. ');
      outTextxy((getmaxX-MinX+65),C2E,'Moyenne ');
      outTextxy((getmaxX-MinX+65),C3E,'Lim.Inf. ');
      SetTextStyle(2,0,4); outTextxy(xyz,C1E,C1S);
      outTextxy(xyz,C2E,C2S); outTextxy(xyz,C3E,C3S);
      SetTextStyle(Defaultfont,0,0);
      For i:=1 to Nb2 do
        begin
          CoordX[i]:=Round(MinX+10+(i-1)*PasXE);
          CoordY[i]:=getMaxY-MinY-10-Round(((MemY[i]-Mini)/pasY))*PasYE;
          point(coordX[i],coordY[i]);
        end;
      AnneeMois(MemX);
    end;
  end;

```

```

For i:=1 to (Nb2-1) do
  line(coordX[i],coordY[i],coordX[i+1],coordY[i+1]);
  SetLineStyle(0,0,3); line(CoordX[1],C1E,CoordX[Nb2],C1E);
  line(CoordX[1],C2E,CoordX[Nb2],C2E);
  line(CoordX[1],C3E,CoordX[Nb2],C3E); Settextstyle(0,0,0);
  SettextJustify(0,0);
  for i:= 1 to 4 do outtextxy((MinX),(10+10*i),Texte[i]);
  SettextJustify(1,1);OuttextXY(round(getmaxX/2),(getmaxY-5),
  'TAPER C POUR CONTINUER'); Photograph(NomCliche);
  Repeat Ch:=readkey; Ch:=upcase(Ch); Until (Ch='C');
  closegraph; RestoreCrtMode;
end; {else}
end; {procedure CreerCarte}

```

```

PROCEDURE CreerCourbe(texte:TextTab;X:TabRef;Y:Tableau;
                      C2:Real;Var NomCliche:pointer);
begin {CreerCourbe2}
  clrscr; Detectgraph(grdriver,Grmode);
  Initgraph(grdriver,Grmode,'');
  if GraphResult<>0 then
    begin
      clrscr; write('Erreur De carte graphique');delay(5000);
      erreur:= true; exit;
    end
  else
    begin
      CASE grmode of 2,4:xyz:=5; 0:xyZ:=7; end{case};
      MinX:=45 + round(getMaxX/8) MinY:=round(getMaxY/8);
      Mini:=InfTableau(Y,nL,Nb2); Maxi:=Suptableaux(Y,Nb2);
      PasY:=(Maxi-Mini)/(Nb2-1);
      rectangle(MinX,MinY,(getmaxX-minX+60),(getmaxY-minY));
      j:=Nb2+1; for i:=1 to Nb2 do
        begin j:=j-1; MemX[i]:=X[j];MemY[i]:=Y[j]; end;
      PasXE:=round((GetmaxX-2*MinX+60-20)/(Nb2-1));
      PasYE:=round((GetmaxY-2*MinY-20)/(Nb2-1));
      C1E:=getMaxY-MinY-10-Round(((Maxi-Mini)/pasY))*PasYE;
      C2E:=getMaxY-MinY-10-Round(((C2-Mini)/pasY))*PasYE;
      C3E:=getMaxY-MinY-10-Round(((Mini-Mini)/pasY))*PasYE;
      Str(Maxi:12:2,C1S);Str(C2:12:2,C2S);Str(Mini:12:2,C3S);
      SettextStyle(2,0,4); outTextxy(xyz,C1E,C1S);
      outTextxy(xyz,C2E,C2S); outTextxy(xyz,C3E,C3S);
      SettextStyle(Defaultfont,0,0);
      For i:=1 to Nb2 do
        begin
          CoordX[i]:=Round(MinX+10+(i-1)*PasXE);
          CoordY[i]:=getMaxY-MinY-10-Round(((MemY[i]-Mini)/pasY))*PasYE;
          point(coordX[i],coordY[i]);
        end;
      AnneeMois(MemX);
      For i:=1 to (Nb2-1) do
        line(coordX[i],coordY[i],coordX[i+1],coordY[i+1]);
        Settextstyle(0,0,0); SettextJustify(0,0);
        for i:= 1 to 4 do outtextxy((MinX),(10+10*i),Texte[i]);
        SettextJustify(1,1);OuttextXY(round(getmaxX/2),(getmaxY-5),
        'TAPER C POUR CONTINUER'); Photograph(NomCliche);

```

```

Repeat Ch:=readkey; Ch:=upcase(Ch); Until (Ch='C');
closegraph; RestoreCrtMode;
end; {else}
end; {procedure CreerCourbe}

```

```

PROCEDURE ObtenirChoixS;

```

```

BEGIN
  clrscr; Gotoxy(10,8);
  write(' Taper A pour consulter l''AIDE de la courbe
d''évolution'); Gotoxy(10,9);
  write(' des consommations spécifiques réelles,');
  Gotoxy(10,11); write('ou I pour Imprimer la courbe ');
  Gotoxy(10,13);
  write('ou une autre touche pour quitter cette courbe : ');
  choixS := readkey; writeln(choixS);
END;

```

```

PROCEDURE ObtenirChoixC;

```

```

BEGIN
  ClrScr; Gotoxy(10,8);
  write(' Taper A pour consulter l''AIDE de la carte de
contrôle N°1,'); Gotoxy(10,10);
  write('ou I pour Imprimer la carte de contrôle N°1 ');
  Gotoxy(10,12);
  write('ou S pour rappeler la courbe d''évolution ');
  Gotoxy(10,13); write(' des consommations spécifiques réelles,');
  Gotoxy(10,15);
  write ('ou une autre touche pour quitter la carte de contrôle
N°1 : '); ChoixC := readkey; writeln(choixC);
END;

```

```

PROCEDURE ObtenirChoixD;

```

```

BEGIN
  ClrScr; Gotoxy(10,8);
  write('Taper A pour consulter l''AIDE de la carte de
contrôle N°2,'); Gotoxy(10,10);
  write('ou I pour Imprimer la carte de contrôle N°2 ');
  Gotoxy(10,12);
write('ou S pour rappeler la courbe d''évolution');
  Gotoxy(10,13); write(' des consommations spécifiques réelles,');
  Gotoxy(10,15);
  write('ou 1 pour rappeler la carte de contrôle N°1,');
  Gotoxy(10,17);
  write ('ou une autre touche pour quitter la carte de contrôle
N°2 : '); ChoixD:=readkey; writeln(choixD);
END;

```

```

PROCEDURE ObtenirChoixT;
BEGIN
  ClrScr; Gotoxy(10,8);
  write('Taper A pour consulter l''AIDE de la carte de
contrôle N°3,'); Gotoxy(10,10);
  write('ou I pour Imprimer la carte de contrôle N°3 ');
  Gotoxy(10,12);
write('ou S pour rappeler la courbe d''évolution ');
  Gotoxy(10,13);write(' des consommations spécifiques réelles,');
  Gotoxy(10,15);
  write('ou 1 pour rappeler la carte de contrôle N°1,');
  Gotoxy(10,17);
  write('ou 2 pour rappeler la carte de contrôle N°2,');
  Gotoxy(10,19);
  write('ou une autre touche pour quitter la carte de contrôle
N°3 : '); ChoixT:=readkey; writeln(choixT);
END;

```

```

PROCEDURE Cliche(NomCliche:pointer);
Begin
  DetectGraph(grdriver,grmode); Initgraph(grdriver,grmode,'');
  PutImage(0,0,NomCliche^,NormalPut);
End;

```

```

PROCEDURE SetVideo(Attribute:integer);
Begin {procedure SetVideo}
  blinking:=(attribute and 4) * 4;
  if (attribute and 1) = 1 Then
    Begin
      bold:=(Attribute and 2) * 7; TextColor (1 + blinking + bold);
      TextBackground (3);
    End
  Else
    Begin
      bold:= (attribute and 2) * 5 div 2;
      TextColor (7 + blinking + bold); TextBackground (0);
    End;
End; {procedure SetVideo}

```

```

PROCEDURE PutString(OutString:string;
                    Line,Col,Attrib:Integer);
Begin
  SetVideo(Attrib); Gotoxy(col,line);
  Write(OutString); SetVideo(0);
End;

```

```

FUNCTION TextFileSize (TextFile:String):integer;
Begin {procedure TextFileSize}
  {$I-} Assign (InText,TextFile); Reset(InText);
  If IOResult>0 then TextFileSize:=0
  Else
    Begin {Else}

```

```

LineNum:=0; While not eof (InText) Do
  Begin
    readln (InText,TempLine); LineNum:= LineNum +1;
  End;
  TextFileSize:= LineNum;
End; {Else}
Close (InText); {$I+}
End; {procedure TextFileSize}

```

```

PROCEDURE BrowseFile(InFile:string);
  Var line :integer;
  Begin {procedure BrowseFile}
    {$I-} Assign(InText,InFile); SetTextBuf(InText,Buffer);
    Reset(InText); If IOResult <> 0 Then
      Begin
        ClrScr; Gotoxy(10,10);
        Write ('INSEREZ LA DISQUETTE PROGRAMME'); Gotoxy(10,12);
        write('PUIS APPUYER SUR UNE TOUCHE ');Ch:=ReadKey;
        Reset(InText);
      End;
    LastPageInFile:=TextFileSize(InFile) div 24 + 1;
    CurrentPage:=1; BufferEmpty:= true; InChar:='j';
    While InChar <> chr(27) Do
      Begin {While InChar}
        if bufferEmpty Then
          Begin {if BufferEmpty}
            BufferEmpty:=false; FirstPage:=CurrentPage - MaxPage div 2;
            if FirstPage < 1 then FirstPage:=1;
            TempPage :=1; reset(InText);
            While(TempPage < FirstPage) Do
              Begin
                For Line :=1 to 24 do readln(InText,TempStr);
                TempPage:=TempPage+1;
              End;
            Line :=1; TempPage:=1;
            While (FirstPage + TempPage-1 <= LastPageInFile)
              And (TempPage <= MaxPage) do
              Begin
                readln(inText,Buffer[TempPage,Line]); Line := Line + 1;
                if Line > 24 then
                  Begin TempPage:= TempPage + 1; Line := 1; End;
              End;{while and}
            LastPageInBuffer:=FirstPage + TempPage - 2;
            End;{if BufferEmpty}
            ClrScr; Str (CurrentPage,TopLine);
            Str(LastPageInFile,TempStr); Line := 1 ;
            While (Line<=24) And (Not KeyPressed) Do
              Begin
                PutString (Buffer[CurrentPage - FirstPage +1,Line],
                  Line+1,1,0); Line:= Line + 1;
              End;
            InChar:=readkey;
            if (InChar = chr(81)) or (InChar = Chr(73)) then
              Begin
                if (InChar=chr(81)) And (CurrentPage < LastPageInFile) then

```

```

    Begin
      CurrentPage:= Currentpage + 1;
      If CurrentPage > LastPageInBuffer Then BufferEmpty:=true;
    End
  Else if (InChar = Chr(73)) and (CurrentPage > 1) then
    Begin
      CurrentPage := CurrentPage -1;
      if CurrentPage < FirstPage then BufferEmpty:= true;
    End;
    InChar:='j';
    End {if chr(27)}
  Else InChar := UpCase (InChar);
  End; {While InChar}
  Close(InText); {$I+}
End; {procedure BrowseFile}

PROCEDURE AfficherAide(NomFAide:Chaine; NomCliche:pointer);
Begin
  BrowseFile(NomFAide); Cliche(NomCliche);
  repeat ch:=readkey; ch:=upcase(ch); until (ch = 'C');
  closegraph; restorecrtmode;
End;

PROCEDURE RappelCliche(NomCliche1,NomCliche2:pointer;
                       NomAide:chaine);
Begin {procedure RappelCliche}
  Cliche(NomCliche1);
  repeat ch:=readkey; ch:=upcase(ch); until (ch = 'C');
  closegraph; restorecrtmode; ClrScr; Gotoxy(10,10);
  write('Taper A pour consulter l''AIDE de la courbe
rappelée,'); Gotoxy(10,12);
  write ('ou une autre touche pour retourner à la carte
courante : '); ch:=readkey; writeln(ch); ch:=upcase(ch);
  If ch='A' Then AfficherAide(NomAide,NomCliche1);
  Cliche(NomCliche2);
  repeat ch:=readkey; ch:=upcase(ch); until (ch = 'C');
  closegraph; restorecrtmode;
End; {procedure RappelCliche }

PROCEDURE VisualiserFlottat;
BEGIN {procedure visualiserFlottat}
  T[1]:=' EVOLUTION DES CONSOMMATIONS SPECIFIQUES REELLES';
  T[2]:=' AU COURS DES TREIZE DERNIERS MOIS';T[3]:=' ';T[4]:=' ';
  CreerCourbe (t,RefC,Yreel,MoyYreel,Cspec); if erreur then exit;
  Repeat
    obtenirChoixS; ChoixS := Upcase ( ChoixS );
    Case ChoixS of
      'A' : AfficherAide ('a:AideCons.pas', Cspec);
      'I' : Begin
          Cliche(Cspec); Imprime_Ecran (CodeRetour);
          closegraph; restorecrtmode;
        End
    Else ChoixC := 'C'

```

```

    End; {Case}
    Until ( ChoixC = 'C');
    T[1]:=' CARTE N°1:          EVOLUTION DES ECARTS ENTRE LES
CONSOmmATIONS';
    T[2]:=' SPECIFIQUES REELLES ET LES PREVISIONS, EFFECTUEES A
PARTIR DES';
    T[3]:=' FLUCTUATIONS ALEATOIRES DE LA PERFORMANCE PROPRE DES
EQUIPEMENTS';
    T[4]:='   ';
    CreerCarte (t,RefC,ResChrono,LCSChrono,
                Axechrono,LCIChrono,CarteChrono); if erreur then exit;
Repeat
    ObtenirChoixC; ChoixC:= Upcase ( ChoixC );
    Case ChoixC Of
        'A' : AfficherAide ('a:AideChro.pas',CarteChrono);
        'I' : Begin
                Cliche(CarteChrono); Imprime_Ecran (CodeRetour);
                closegraph; restorecrtmode;
            End;
        'S' : RappelCliche (Cspec,CarteChrono,'a:AideCons.pas')
    Else ChoixC := 'C'
    End; {Case}
    Until ( ChoixC = 'C');
    T[1]:=' CARTE N°2:          EVOLUTION DES ECARTS ENTRE LES
CONSOmmATIONS';
    T[2]:=' SPECIFIQUES REELLES ET LES PREVISIONS.';
    T[3]:=' LES PREVISIONS SONT FAITES A PARTIR DU DEBIT DE LA
PRODUCTION.'; T[4]:='   ';
    CreerCarte(t,RefC,ResDebit,LCSdebit,
                AxedeBIT,LCIdebit,CarteDebit); if erreur then exit;
Repeat
    ObtenirChoixD; ChoixD := UpCase ( ChoixD );
    Case ChoixD Of
        'A' : AfficherAide ('a:AideDeb.pas',CarteDebit);
        'I' : Begin
                Cliche(CarteDebit); Imprime_Ecran (CodeRetour);
                closegraph; restorecrtmode;
            End;
        'S' : RappelCliche (Cspec,CarteDebit,'a:AideCons.pas');
        '1' : RappelCliche (CarteChrono,CarteDebit,'a:AideChro.pas')
    Else ChoixD := 'C'
    End;{case}
    Until ( ChoixD = 'C' );
    T[1]:=' CARTE N°3:          EVOLUTION DES ECARTS ENTRE LES
CONSOmmATIONS';
    T[2]:=' SPECIFIQUES REELLES ET LES PREVISIONS.';
    T[3]:=' LES PREVISIONS SONT FAITES A PARTIR DU TAUX DE
STERILES.'; T[4]:='   ';
    CreerCarte(t,RefC,ResTaux,LCStaux,AxeTaux,LCITaux,CarteTaux);
    if erreur then exit;
Repeat
    ObtenirChoixT; ChoixT := UpCase ( ChoixT );
    Case ChoixT Of
        'A' : AfficherAide ('a:AideTaux.pas',CarteTaux);
        'I' : Begin
                Cliche(CarteTaux); Imprime_Ecran (CodeRetour);

```

```

        closegraph; restorecrtmode;
    End;
    'S' : RappelCliche (Cspec, CarteTaux, 'a:AideCons.pas');
    '1' : RappelCliche (CarteChrono, CarteTaux, 'a:AideChro.pas');
    '2' : RappelCliche (CarteDebit, CarteTaux, 'a:AideDeb.pas')
    Else    ChoixT := 'C'
End;{case}
Until ( ChoixT = 'C' );
END; {procedure VisualiserFlottat}

```

```

PROCEDURE  TraitementFlottat (VAR ConsoSpec: Real);
BEGIN
    AnalyserFlottat (ConsoSpec); VisualiserFlottat;
END;

```

```

PROCEDURE  TraitementNonAss;
BEGIN {procedure traitementNonAss}
    {-Charger en mémoire les données relatives
        à l'industrie considérée globalement;}
    {-Pour chaque forme d'énergie (électricité, fuel,
        diesel-réatif, eau) trouver les services
        qui présentent des anomalies;}
    {-Afficher un message qui indique à l'utilisateur
        les services mis en cause, ceci pour chaque forme
        d'énergie;}
    Begin {message}
        ClrScr; Gotoxy(10,10);
        Write('LE TRAITEMENT SERA EFFECTUE EN DETAIL ');
        Gotoxy(10,12);
        Write('A L''ATELIER DE FLOTTATION DU SERVICE LAVERIE');
        Gotoxy(15,14);
        Write('POUR : L''ELECTRICITE, '); Gotoxy(22,16);
        Write('LE DIESEL-REACTIF, '); Gotoxy(22,18) ;
        write('ET L''EAU'); Gotoxy(10,20);
        Write('Appuyer sur une touche pour continuer '); Ch:=readkey;
    End; {message}
    {-Pour chaque forme d'énergie, aller à l'intérieur
        de chacun des services impliqués et effectuer
        un traitement en détail}
    Begin {traitement en détail}
        ClrScr; Gotoxy(10,10);
        write('TRAITEMENT DES CONSOMMATIONS D''ELECTRICITE');
        Gotoxy(10,12); write('Appuyer sur une touche pour amorcer');
        ch:=readkey; ClrScr; Gotoxy(10,10);
        write('TRAITEMENT EN COURS POUR LES CONSOMMATIONS
D''ELECTRICITE'); Unite:='kWh/T phos.';
        TraitementFlottat (Donnees.CSElec); if erreur then exit;
        ClrScr; Gotoxy(10,10);
        write('TRAITEMENT DES CONSOMMATIONS DE DIESEL-REACTIF');
        Gotoxy(10,12); write('Appuyer sur une touche pour amorcer');
        ch:=readkey; ClrScr; Gotoxy(10,10);
        write('TRAITEMENT EN COURS POUR LES CONSOMMATIONS DE
DIESEL-REACTIF'); Unite:='T diesel/T phos.';
        TraitementFlottat (Donnees.CSDiesel); if erreur then exit;
    End;

```

```

    ClrScr;Gotoxy(10,10);
    write('TRAITEMENT DES CONSOMMATIONS D''EAU');Gotoxy(10,12);
    write('Appuyer sur une touche pour amorcer');
    ch:=readkey;ClrScr;Gotoxy(10,10);
    write('TRAITEMENT EN COURS POUR LES CONSOMMATIONS D''EAU');
    Unite:='m3 eau/T phos.';
    TraitementFlottat (Donnees.CSEau); if erreur then exit;
    End; {traitement en détail}
    ClrScr; Gotoxy(10,10); Write('TRAITEMENT  TERMINE');
    Gotoxy(10,12);
    Write('Appuyer sur une touche pour sortir  '); ch:=readkey;
    END; {procédure TraitementNonAss}

```

```

PROCEDURE TraitementEner;
BEGIN {procedure TraitementEner }
    REPEAT
        ClrScr; HighVideo; GotoXY(15,8);
        Write(' ATELIER DE FLOTTATION '); NormVideo; GotoXY(10,11);
        Write('1- TRAITEMENT DES CONSOMMATIONS D''ELECTRICITE');
        GotoXY(10,13);
        Write('2- TRAITEMENT DES CONSOMMATIONS DE DIESEL-REACTIF');
        GotoXY(10,15);
        Write('3- TRAITEMENT DES CONSOMMATIONS D''EAU '); GotoXY(10,18);
        Write('Choisir un numéro ou Entrer S pour sortir :');
        Read(ChoixEnregist); ChoixEnregist := UpCase(ChoixEnregist);
        CASE ChoixEnregist OF
            '1' : Begin
                ClrScr;Gotoxy(10,10);
                write('TRAITEMENT EN COURS POUR LES CONSOMMATIONS
D''ELECTRICITE'); Unite:='kWh/T phos.';
                TraitementFlottat (Donnees.CSElec); if erreur then exit;
                End;
            '2' : Begin
                ClrScr;Gotoxy(10,10);
                write('TRAITEMENT EN COURS POUR LES CONSOMMATIONS DE
DIESEL-REACTIF'); Unite:='T diesel/T phos.';
                TraitementFlottat (Donnees.CSDiesel); if erreur then exit;
                End;
            '3' : Begin
                ClrScr;Gotoxy(10,10);
                write('TRAITEMENT EN COURS POUR LES CONSOMMATIONS
D''EAU'); Unite:='m3 eau/T phos.';
                TraitementFlottat (Donnees.CSEaeu); if erreur then exit;
                End;
        END; {case}
    UNTIL ChoixEnregist = 'S';
    END; {procedure TraitementEner }

```

```

PROCEDURE TraitementLav;
BEGIN {procedure TraitementLav}
    REPEAT
        ClrScr; HighVideo; GotoXY(5,2);
        Write('LISTE DES GROUPES DE CONSOMMATEURS DU SERVICE
LAVERIE'); Normvideo; GotoXY(10,5);

```

```

    Write('1- SERVICE CONSIDERE GLOBALEMENT'); GotoXY(10,7);
Write('2- ATELIER DE PREPARATION'); GotoXY(10,9);
Write('3- ATELIER DE FLOTTATION'); GotoXY(10,11);
Write('4- REPRIS DES STERILES'); GotoXY(10,13);
Write('5- ALIMENTATION EN EAU (Forages Profonds)');
GotoXY(10,15); Write('6- POMPES DE SURFACE'); GotoXY(10,18);
Write('Choisir un numéro ou Entrer S pour sortir :');
Read(ChoixGroupe); ChoixGroupe := UpCase(ChoixGroupe);
CASE ChoixGroupe OF
    '1': TraitementEner;    '2': TraitementEner;
    '3': TraitementEner;    '4': TraitementEner;
    '5': TraitementEner;    '6': TraitementEner;
END; {case}
UNTIL ChoixGroupe = 'S';
END; {procedure TraitementLav}

```

```

PROCEDURE    TraitementAss;
BEGIN
    REPEAT
        ClrScr; GotoXY(5,2); HighVideo;
        Write('TRAITEMENT ASSISTE : LISTE DES SERVICES'); NormVideo;
        GotoXY(8,4); Write('1- INDUSTRIE CONSIDEREE GLOBALEMENT');
        GotoXY(8,6); Write('2- SERVICE DECAPAGE SUPERIEUR');
        GotoXY(8,8); Write('3- SERVICE EXTRACTION');
        GotoXY(8,10); Write('4- SERVICE PRETRAITEMENT');
        GotoXY(8,12); Write('5- SERVICE LAVERIE');
        GotoXY(8,14); Write('6- SERVICE SECHAGE');
        GotoXY(8,16); Write('7- SERVICES GENERAUX'); GotoXY(8,20);
        Write('Choisir un numéro ou Entrer S pour sortir :');
        Read(ChoixService);
        CASE ChoixService OF
            '1' : TraitementLav;    '2' : TraitementLav;
            '3' : TraitementLav;    '4' : TraitementLav;
            '5' : TraitementLav;    '6' : TraitementLav;
            '7' : TraitementLav;
        END; {case}
        UNTIL Upcase(ChoixService) = 'S'; {test de sortie}
    END;

```

```

PROCEDURE    Traitement;
Begin
    Repeat
        ClrScr; Gotoxy(15,8); HighVideo;
        Write ('OPTION TRAITEMENT'); NormVideo; Gotoxy(10,11);
        Write('1°- TRAITEMENT NON-ASSISTE'); Gotoxy(10,13);
        Write('2°- TRAITEMENT ASSISTE'); Gotoxy(5,16);
        Write('Choisir un numéro ou Entrer S pour sortir : ');
        Read(Ch); Ch := Upcase(Ch);
        Case Ch of
            '1' : TraitementNonAss; '2' : TraitementAss;
        End; {case}
    Until (Ch = 'S');
End;

```

```

BEGIN {program projet}
  Repeat
    ClrScr; GotoXY(10,10); {Présentation du logiciel}
    Write('CE PROGRAMME EFFECTUE LA SURVEILLANCE DES
CONSOUMATIONS'); GotoXY(10,12);
    Write('D'ENERGIE DE LA COMPAGNIE SENEGALAISE DES PHOSPHATES
DE'); GotoXY(35,14); Write('TAIBA'); GotoXY(10,17);
    Write('Entrer C pour continuer ou S pour sortir :');
    TextColor (0); TextBackground (7); GotoXY(7,23);
    Write('Faites <Ctrl Pause> pour quitter le programme à tout
moment .'); GotoXY(7,24);
    Write('Si vous êtes en mode graphique, tapez en plus, Mode
Mono '); NormVideo; GotoXY(53,17); Read(Choix1);
    Choix1 :=UpCase(Choix1);
    IF Choix1 = 'C' THEN
      BEGIN {Choix d'un Service}
        REPEAT
          erreur := false; ClrScr; HighVideo; Gotoxy(5,8) ;
write('CHOIX D'OPTIONS'); NormVideo; GotoXY(7,11);
          Write('1- ENREGISTREMENT');GotoXY(7,13);
          Write('2- TRAITEMENT'); GotoXY(5,16);
          Write('Choisir un numéro ou Entrer S pour sortir :');
          Read(ChoixOption); ChoixOption:= UpCase(ChoixOption);
          CASE ChoixOption OF
            '1' : Enregistrement; '2' : Traitement;
          END; {case}
          UNTIL ChoixOption = 'S';
        END;{choix d'un service}
      Until Choix1 = 'S';
    ClrScr;
  END. {program projet}

```

BIBLIOGRAPHIE

- 1) ADS Associés Limitée, Groupe Conseil, Canada, en collaboration avec le Ministère du Développement Industriel et de l'Artisanat, Sénégal - Projet d'économies d'énergie au Sénégal / Rapport Audit Energétique C.S.P.T. (Taïba-Sénégal).
septembre 1987
- 2) MICHEL GROSMANGIN - Inventaire de l'énergie dans l'industrie / Rapport complémentaire - Projet d'économie d'énergie dans l'industrie, Ministère du Développement Industriel et de l'Artisanat, République du Sénégal, - Paris : Trans Energ., janvier 1987 .
- 3) BERNARD BAUDIN - La gestion de l'énergie dans l'entreprise - Paris : Entreprise Moderne d'Edition / Sadave, 1977.
- 4) ROLLAND R. CONTE - La gestion de l'énergie dans l'entreprise - Paris : Chatard et Associés Editeurs, 1981 .
- 5) Séminaire sur la politique énergétique en Afrique - Lomé
Paris : Centre International de Formation en Politique Energétique, février 1986.
- 6) Les économies d'énergies dans les pays de l'AIE - Agence Internationale de l'Energie, O.C.D.E. , Paris 1987.

- 7) L'énergie dans les pays en développement - Banque Mondiale, Août 1980 .
- 8) JULIO R. GAMBA - DAVID A. CAPLIN - JOHN J. MULCKHUYSE - Industrial Energy Rationalization in Developing Countries - Published for the World Bank, Baltimore and London : The Johns Hopkins University Press.
- 9) Problèmes et stratégies d'approvisionnement en énergie du secteur moderne en Afrique - John Foster - in Economic Development Institute Working Papers, Energy Series, The World Bank, june 1988.
- 10) Energy Demand Patterns - Energy Research Group Manuscript Reports. Ottawa, May 1984.
- 11) Notes de cours : Syst 5.21 (Conception et gestion des unités de production) et Man 5.21 (Etude du travail) / chapitre 7 - Ngor SARR, Ecole Polytechnique de Thiès, Octobre 1989.
- 12) Notes de cours : Proc 4.21 Procédés de fabrication II (Usinage et contrôle)- Maurice DUVAL, Ecole Polytechnique de Thiès, février 1989.
- 13) A. H. BOWKER - G. J. LIBERMAN - Méthodes statistiques de l'ingénieur / traduit par G. Vangrelinghe et F. Bamas - Dunod, Paris 1965.

14) Notes de cours 3.307 : Informatique I, Edition corrigée -
Ecole polytechnique de Montréal, septembre 1988.

15) KRIS JAMSA - STEVEN NAMEROFF - Turbo Pascal Programmer's
Library / Now Revised to cover Borland's Turbo Numerical Methods
Toolbox - Borland-Osborne / McGraw-Hill Programming Series,
1987.

16) W. FINDLAY - D. A. - Pascal An introduction to methodical
programming / Second Edition, Computer Science Press, 1981.