

10/94

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR  
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

DIBLIOTHEQUE — المكتبة  
Ecole Nationale Polytechnique

# ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT GENIE INDUSTRIEL

## PROJET DE FIN D'ETUDES

**Modèle de répartition d'un lot de  
pièces de rechange, appliqué au  
réseau DZ - PAC.**

Proposé par :  
Melle Slimani  
Ministère des P & T

Dirigé par :  
M. OUABDESSELAM  
&  
M. LAMRAOUI

Etudié par : Melle BENANTAR Fatima

PROMOTION 93/94

## *Dédicaces*

*A mes chers parents,  
à mes frères Abderrabmane et Mohamed,  
à mes sœurs, mes beaux frères, mes neveux et nièces,  
à Youcef, Assia et Naïma de L'EDEMINES,  
à mes amies et sœurs :  
Saliba, Faïrouz, Nadira, Malika, Akila et Ratiba,  
à Tout ceux que j'aime  
je dédie ce travail*

## Remerciements

Je tiens à remercier :

M. Ouabdesselam et Lamraoui pour leurs précieux conseils et l'intérêt qu'ils ont témoigné à l'égard de mon travail,

- Melle Aboun, Mme Belmokhtar et M. Berbiche pour leur soutien moral,

- Melle Slimani pour son aide ainsi que tous les professeurs du département Génie-industriel qui ont contribué à ma formation.

Par ailleurs, je tiens à exprimer toute ma gratitude à M. Bekkouche chef du centre CISD pour le temps et l'effort précieux qu'il m'a consacré.

Mes remerciements vont également à :

M. Saïdi, Melle Baraka, M. Kezadri, M. Bellal et à tout le personnel du CISD de Bouzaréah.

Mes vifs remerciements à M. Lounis et M. Baraka de la transmission, au personnel de la bibliothèque de l'Ecole polytechnique. Enfin à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

## Ab-stract

We propose in this study a resolution approach for the inventory management of the most important spare parts of a telecommunications network, which is the DZ-PAC network.

After a classification of these electronic parts, our labour consists in the realization of a supply model for the first class of these spare parts.

A model which must assure the availability of spare in opportune time for all the network and in every site of the network.

## ملخص

من خلال هذه الدراسة قدّمنا حلّ تقريبي لتسيير  
المخزونات المتعلقة بقطع الغيار الإستراتيجية لشبكة للاتصالات  
ألا وهي شبكة دز-باك (DZ - PAC) للتحويل بالترزم .  
بعد تصنيف القطع ذات الطراز الإلكتروني تمثّل عملنا في  
إنجاز نموذج للتموين يخصّ الصنف الأول من هذه القطع .  
نموذج يعمل على توفير قطع الغيار في الوقت المناسب للشبكة  
كلّ وكلّ موقع من مواقعها .

## Résumé

Nous proposons dans la présente étude une approche de résolution pour la gestion du stock des pièces les plus stratégiques d'un réseau de télécommunications qui est le réseau DZ - PAC à commutation par paquets.

Après une classification de pièces qui sont de type électronique, notre travail consiste en la réalisation d'un modèle de réapprovisionnement pour la première classe de ces pièces.

Un modèle qui doit assurer la disponibilité de la pièce de rechange au temps opportun pour tout le réseau et au niveau de chaque site du réseau.

# SOMMAIRE

INTRODUCTION ..... 1

## Chapitre 1

### *Présentation du réseau DZ-PAC et positionnement du problème*

1.1 / Evolution de la transmission de données en Algérie ..... 3

1.2 / Présentation du réseau public de données à commutation  
par paquets DZ-PAC ..... 5

1.2.1 / La technique de commutation ..... 6

1.2.2 / Les réseaux X25 ..... 7

1.2.3 / Description du réseau DZ - PAC ..... 8

1.2.4 / Description des équipements du réseau DZ - PAC ..... 9

1.2.5 / Topologie du réseau DZ - PAC ..... 11

1.3 / Problématique ..... 11

# Chapitre 2

## Revue de littérature

II. 1 / Introduction .....	13
II. 2 / Gestion des réseaux de transmission de données .....	14
II. 2. 1 / Mise en place d'un nouveau réseau .....	14
II. 2. 2 / Surveillance du réseau .....	16
II. 2. 3 / Gestion technique du réseau .....	16
II. 2. 4 / Gestion commerciale du réseau .....	17
II. 2. 5 / Maintenance .....	17
II. 2. 6 / Extension du réseau .....	18
II. 3 / Organisation et gestion des stocks de rechange .....	19
II. 3. 1 / Organisation matérielle et gestion des stocks de rechange .....	19
II. 3. 2 / Aperçu sur la théorie de la gestion des stocks .....	20
a / Les facteurs importants de la gestion des stocks .....	20
a. 1 / Facteurs coûts .....	21
a. 2 / Autres variables chefs .....	22
b / Les modèles de gestion des stocks .....	24
b. 1 / Les modèles en avenir certain .....	24
b. 1. 1 / Modèle de Wilson élémentaire .....	24
b. 1. 2 / Modèle de Wilson avec coût de pénurie .....	26
b. 2 / Modèles en avenir incertain .....	27
b. 2. 1 / Modèle de Wilson en avenir incertain .....	27
b. 2. 2 / Modèle basé sur le stock de sécurité .....	28
b. 3 / Systèmes fondamentaux d'approvisionnement .....	29
b. 3. 1 / Système à point de commande, quantité de commande (S,Q) .....	29
b. 3. 2 / Système à point de commande, à rétablissement de niveau (S, s) .....	30
b. 3. 3 / Système à rétablissement de niveau, inventaire permanent (R, S) .....	30
b. 3. 4 / Système (R, S, s) .....	30
b. 4 / Modèle des commandes groupées .....	30
b. 5 / Modèles utilisant la technique de simulation .....	31
b. 6 / Détermination des quantités d'ordre avec demandes à tendance linéaire .....	32

# Chapitre 3

## *Approche méthodologique*

III.1/ Introduction .....	33
III. 2/ L'étude de la classification .....	34
III. 2. 1 / Principales méthodes de la classification .....	34
III. 2. 2 / Démarche de la classification des pièces de rechange du réseau .....	37
III. 3/ Proposition de la procédure de réapprovisionnement des pièces de rechange du réseau .....	46
III. 3. 1 / Introduction .....	46
III. 3. 2 / Etude organisationnelle du système d'approvisionnement du réseau .....	47
3. 2. 1 / Présentation du système .....	48
3. 2. 2 / Analyse du mode d'approvisionnement et de répartition actuels du lot de rechange du réseau .....	49
3. 2. 3 / Stratégie proposée pour la gestion des stocks du réseau .....	50
a) Détermination de la loi de remplacement des pièces .....	50
b) Evaluation du nombre de remplacement des pièces .....	51
3. 2. 4 / Modèle d'approvisionnement .....	52
a) Modèle d'approvisionnement pour le stock régional .....	53
b) Modèle d'approvisionnement pour le stock national .....	55
c) Organigramme général de résolution et procédures de traitement .....	61

# Chapitre 4

## *Application, conclusion et suggestions*

IV. 1 / Application .....	70
IV. 2 / Conclusion .....	78
IV. 3 / Suggestions .....	79
Bibliographie .....	80
Annexes .....	81

# INTRODUCTION

L'accroissement et la dépendance de notre société vis à vis des télécommunications justifie la recherche d'une grande disponibilité des services et d'une meilleure capacité de survivabilité des réseaux actuels.

Les interruptions importantes des services qu'elle qu'en soit la cause, peuvent provoquer de graves pertes pour les grands secteurs d'activités.

Ces interruptions s'accroissent en raison des graves répercussions des défaillances potentielles dans un réseau de grande capacité où les nœuds sont composés d'équipements intégrant de nombreuses fonctions.

Le maintien de la continuité du service même en présence d'incidents est dès lors un objectif stratégique.

Quelle part de responsabilité un secteur public tel que les télécommunications est-il disposé à prendre pour assurer le bien être social et économique de ses clients ?

L'arme économique que constitue ce dernier pour l'Etat ainsi que la notion de service public ne doivent pas cependant conduire à des politiques dispendieuses et faire oublier les principes d'une gestion optimale.

En effet, la notion de coût et de rentabilité sont essentielles à toute activité et doivent être déterminés pour rendre maximum le bien-être ou la satisfaction des besoins sous la contrainte d'un volume de ressources données.

Etant donné son importance, la fonction gestion des stocks et approvisionnement des rechanges constituent un des grands soucis des exploitants des réseaux de télécommunications.

Sous son double aspect :

- Elle permet la survie et la continuité du réseau
- L'application de pratiques commerciales rigoureuses permettant la maximisation des profits.

C'est dans ce contexte que la présente étude a été réalisée au sein de la direction de la commutation.

Notre étude est composée de quatre grands chapitres :

- Dans le premier chapitre nous évoquerons l'évolution de la transmission de données en Algérie, suivie de la description du réseau DZ-PAC concerné par l'étude.

On achevera ce chapitre par la présentation de la problématique.

- Le deuxième chapitre est consacré à un exposé succinct sur :
- \* La gestion des réseaux de transmission de données.
- \* L'organisation et la gestion des stocks de rechange
- \* Le troisième chapitre comporte la méthodologie de résolution.

Enfin pour terminer le quatrième chapitre comportera l'application du modèle proposé ainsi que des suggestions émanant d'une conclusion en vue d'une meilleure organisation et gestion des stocks de rechange.

*Chapitre*

*1<sup>er</sup>*

# Premier chapitre

## Présentation du réseau DZ-PAC et positionnement du problème.

### I-1- Evolution de la transmission de données en Algérie (1)

La communication de données en Algérie est marquée par deux phases importantes depuis l'installation d'un centre de calcul vers la fin de l'année 1971 et ainsi l'introduction de l'informatique au sein de l'administration des PetT

#### Première phase 1971-1977

Dans cette période la priorité a été accordée aux services des chèques postaux. Tous les moyens humains et matériels (surtout les équipements informatiques) ont été mobilisés pour cette seule opération.

Cette première application a été suivie par d'autres applications entre 1975 et 1977 (CNEP, comptabilité, télex).

L'informatisation des chèques postaux a conduit au développement rapide et à la saturation de deux ordinateurs, vue leur utilisation intensive ( 24 sur 24, 7 jours sur 7).

Les problèmes générés lors de l'arrêt des deux ordinateurs ont conduit à la mise en place d'un plan informatique décennal défini par le service de l'informatique et qui marque le début de la deuxième phase.

#### Deuxième phase 1978

Elle a démarré en 1978 et constitue la phase de l'installation du plan informatique.

Ce plan se fonde sur une approche globale du système d'information des P et T et vise à permettre à l'administration de mieux maîtriser son développement et fournir ainsi à la population les meilleurs services aux moindres coûts.

L'analyse du trafic et le calcul de rapport coût/avantage ont conclu à la mise en place :

- d'un système informatique
- d'un réseau de transmission de données couvrant l'ensemble des chefs-lieux de wilaya.

**Le système informatique est constitué de :**

- Une unité informatique centrale à Alger pour l'ensemble des travaux nationaux y compris ceux de synthèse;
- trois unités informatiques décentralisées à Alger, Oran, et Constantine pour les opérations de concentration/diffusion des terminaux;
- des postes de travail au nombre de 274 à base notamment de terminaux dans l'ensemble des chefs-lieux de wilaya.

**Le réseau de transmission de données :** installé à partir de septembre 1980 le réseau informatique interconnecté est caractérisé par l'installation :

- De système de traitement à Alger
- de mini-ordinateurs assurant le rôle de concentrateurs-diffuseurs à Alger, Oran; Constantine
- De terminaux de type écran-clavier, imprimante dans les directions de wilaya et bureaux de postes.

L'introduction de l'informatique au sein des P et T et la mise en place du réseau de transmission de données vers les années 80, ont constitué une phase transition vers une étape plus importante.

Ainsi dans les années 90 on assiste une évolution importante et remarquable du secteur des télécommunications par l'introduction de nouvelles techniques à savoir les circuits virtuels, la commutation de paquets, les fibres optiques et les câbles sous-marins.

## I-2-Présentation du réseau public de données à commutation de paquets DZ-PAC (1)

Les télécommunications par définition comprennent l'ensemble des moyens techniques nécessaires à l'acheminement aussi fidèle que possible d'informations entre deux points à priori quelconques, à une distance quelconque, avec des coûts raisonnables. (2)

L'évolution rapide des capacités de traitement, la réduction des coûts de fabrication et l'exploitation des systèmes informatiques ajoutés aux besoins et exigences des utilisateurs ont entraîné une véritable révolution des moyens de télécommunications. Les moyens utilisés jusqu'à présent pour l'échange de données ont vite montré leurs limites.

Les circuits commutés tel que le réseau téléphonique commuté ont généralement une qualité de service médiocre et un débit limité pour l'échange de données.

Les lignes spécialisées bien qu'assurant une meilleure qualité de service et un meilleur débit reviennent relativement coûteuses et de fait elles ne sont pas accessibles à tout le monde.

Le réseau public de données à commutation de circuits X21 n'a pas répondu aux besoins des utilisateurs et nécessite de plus une réservation d'une certaine capacité de transmission qui se répercute directement sur la tarification.

Les techniques de communication multipoint, les multiplexeurs, la commutation de circuits, la commutation de messages, la commutation de paquets par datagrammes ont certes permis d'améliorer ces insuffisances, mais n'ont constitué que des solutions partielles. Ainsi toutes les insuffisances constatées ont conduit au développement d'une nouvelle technique appelée "*commutation de paquets par circuits virtuels*" qui s'est avérée fournir le meilleur service et la meilleure réponse aux attentes des utilisateurs car elle permet une utilisation plus efficace des ressources de communication assurant un délai faible pour le trafic interactif et une capacité appréciable pour le trafic et transfert des fichiers.

Les réseaux utilisant la technique de commutation de paquets sont appelés réseaux X25 dans la mesure où l'accès à ces réseaux est conforme à l'avis X25 du CCITT (comité consultatif international télégraphique et téléphonique)

## **I-2-1 La technique de commutation**

La commutation est une technique qui permet le transfert des blocs de données entre le nœud de rattachement d'un hôte émetteur et celui d'un hôte destinataire.

Parmi les méthodes de commutation on distingue la commutation de circuits, la commutation de messages, la commutation de paquets par datagrammes et la commutation de paquets par circuits virtuels. La commutation de circuit et la commutation de paquets par circuits virtuels sont les seules utilisées en Algérie, par conséquent nous nous limiterons à ces dernières.

### **1- La commutation de circuits**

Cette technique est utilisée dans le domaine de la téléphonie. Les hôtes émetteur et destinataire doivent être reliés par un canal avant même le début de la communication.

La ressource nécessaire au maintien de la communication reste réservée jusqu'à la fin de la communication même si les deux hôtes n'ont pas de données à échanger. Cette technique permet :

- Un acheminement rapide des blocs de données entre l'hôte émetteur et destinataire.

- Une absence de risque de congestion

En parallèle, elle risque d'engendrer :

- Une mauvaise exploitation de la capacité des supports de transmission

- Un temps nécessaire à l'établissement du canal relativement long. Ce temps peut augmenter quand le réseau est chargé.

- Des vitesses d'émission et de réception analogues.

### **2- La commutation de paquets**

La technique de commutation de paquets est à un stade avancé dans les pays développés.

La technologie du matériel performant utilisé dans ce domaine a conduit à son développement et à son progrès rapide.

Son introduction en Algérie a été envisagée afin de stimuler le domaine de communication de données.

C'est une technique qui se base sur le concept de circuits virtuels.

Un bloc de données est acheminé vers un nœud de commutation intermédiaire et est stocké en attendant qu'un canal desservant le nœud se libère.

Pour réaliser un partage équitable des moyens de transmission (nœuds de commutation, artères de transmission) les blocs de données sont découpés en courts tronçons appelés "paquets" constituant l'unité de transmission.

Cette technique de découpage des blocs de données en paquets permet :

- Une meilleure utilisation et exploitation de la capacité des supports de transmission.
- Un temps d'établissement du canal pratiquement nul, la majorité des accès se font par des lignes spéciales.
- Des vitesses entre émetteur et destinataire différentes.

Le seul inconvénient est que le temps d'acheminement des paquets vers leurs destinataires peut être long.

## I-2-2 Les réseaux X25

Proposé au départ par les P et T français et britanniques, TCTS (trans Canada téléphone système) et telenet communication corps aux USA le protocole X25 a été adopté en septembre 1976 par le CCITT (3). Il comporte trois niveaux correspondants aux couches 1, 2 et 3 du modèle OSI pour l'interconnexion des systèmes ouverts (open system interconnexion)

**Niveau 1 :** Il correspond au niveau physique du modèle OSI. Il décrit les règles d'échange de signaux sur l'interface ETTD (Equipement terminal de traitement de données) ETCD (Equipement de terminaison de circuits de données) pour établir, échanger, rompre la connexion avec un autre ETTD.

**Niveau 2 :** Il correspond au niveau liaison du modèle OSI. Le protocole utilisé dans la norme X25 est un sous ensemble dont le rôle est d'assurer la transmission sans erreurs de données sur la connexion établie au niveau 1.

**Niveau 3 :** Il correspond au niveau réseau du modèle OSI. Le protocole de niveau paquet de la recommandation X25 fournit les procédures nécessaires pour établir, conserver et déconnecter les communications virtuelles.

Le modèle de référence OSI à une hiérarchie de 7 niveaux séparés par des interfaces et reposant sur un support physique de transmission. Il permet à des équipements hétérogènes (provenant de constructeurs différents) de s'interconnecter au réseau s'ils sont conformes à ce standard.

Le CCITT a mis au point des protocoles normalisés pour les terminaux accédant aux réseaux X25 dans les recommandations suivantes :

- Recommandation X25 (terminaux mode paquets)
- Recommandation X3, X28, X29 (terminaux mode caractère)
- Recommandation X32 (terminaux mode paquets qui accèdent via le réseau téléphonique commuté ou le réseau à commutation de circuits.)

## **I-2-3 Description du réseau DZ-PAC**

Le réseau DZ-PAC est un réseau public de transmission de données utilisant la technique de commutation par paquets, destiné à véhiculer d'importants volumes de données.

Il permet l'interconnexion et le dialogue entre équipements informatiques hétérogènes.

C'est un réseau destiné à couvrir le territoire national et offre la possibilité aux utilisateurs d'accéder et de tirer profit des capacités de stockage et de la puissance de traitement des équipements informatiques situés sur des sites éloignés.

De plus, il garantit à ses utilisateurs une forte disponibilité, une transmission de qualité (correction d'erreurs systématique) et un degré de sécurité fort appréciable grâce au dédoublement des artères qui relient les commutateurs.

Le réseau a été mis en service en Juin 1992.

Sa capacité est de 1 600 portes d'accès, soit la possibilité de raccorder près de 4 500 terminaux et il offre une large gamme de vitesses de raccordement allant de 50 à 64 000 bits/s. Il offre :

### **- Des services de base élargis :**

- Commutation et concentration,
- circuits virtuels commutés et permanents,
- mode paquet X25, X32, 2 400 à 48 000 bs,
- mode caractère X28 de 50 à 19 200 bs,
- accès direct par liaison spécialisée 2 ou 4 fils,
- accès via le RTC, le réseau télex,
- accès international,
- Accès multiligne.

### **-Des services complémentaires :**

- Groupes fermés d'utilisateurs (confidentialité),
- numérotation abrégée,
- PCV,

- facturation détaillée,
- restriction des appels,
- rappel automatique.

### - Des services à valeur ajoutée :

- Services de messageries électroniques,
- vidiotex (minitel).

Services qui seront offerts ultérieurement si une demande significative est exprimée par de nombreux utilisateurs.

La tarification du réseau est indépendante de la distance, elle est fonction du volume d'information transmise, du mode d'accès au réseau, de la vitesse d'accès et dans une moindre mesure du temps de connexion.

Conforme aux normes internationales, DZ-PAC peut s'interconnecter à des réseaux étrangers.

Il est prévu de s'interconnecter aux réseaux, français Transpac (interconnexion en voie de réalisation), Infonet et Tymnet (Américains) Tunipac (tunisien) Maghripac (Marocain).

Les fonctions de transit, de commutation, de concentration et de rattachement sont assurées par quatre nœuds principaux au niveau du site Alger, Oran, Constantine et Ouargla.

A chaque nœud principal sont reliés des nœuds secondaires (centres d'abonnés) constituants des points d'accès pour desservir les abonnés proches du site.

## **I-2-4 Description des équipements du réseau DZ-PAC**

Le réseau DZ-PAC est réalisé à partir des équipements DPS2 500 et des modems Alcatel 8 300 (voir annexe 2) et présente les caractéristiques suivantes :

- Un taux de disponibilité élevé et routage s'adaptant automatiquement aux conditions de trafic et de pannes.

- Une exploitation aisée grâce au centre de gestion assurant la centralisation des fonctions de gestion, maintenance et taxation.

- Une homogénéité des matériels et logiciels.

Les équipements composant le réseau sont :

- Des commutateurs PSX2 dupliqués qui forment l'ossature du réseau,

- des concentrateurs d'accès PSXC raccordés aux commutateurs,

- un centre de gestion.

**Le commutateur de paquets (4):** La famille DPS2 500 compte quatre modèles de référence.

Le modèle le plus petit est le PSX0 qui a une capacité de 64 accès et commute jusqu'à 500 paquets par seconde. Le PSX1 a une capacité maximale de 384 accès et commute jusqu'à 15 000 paquets par seconde.

Le PSX2 a une capacité de 1000 accès et commute jusqu'à 2500 paquets par seconde.

Le plus gros commutateur est le PSX3 qui a une capacité de 14 000 paquets et commute jusqu'à 21 000 paquets par seconde.

**Le concentrateur d'accès (4) :** Le concentrateur d'accès concentre le trafic de 8 à 32 accès et est relié à un commutateur local de paquets par une ou deux lignes exploitées chacune à 48k bits/S au maximum.

Dans un environnement numérique se sont des lignes à 64k bits/s conformes à la rec.G703 du CCITT.

Il possède également une liaison de réserve avec le commutateur de paquets passant par le réseau téléphonique public commuté ou par un réseau X25.

On peut relier au DPS2 500 des abonnés synchrones, asynchrones et vidiotex soit directement soit indirectement par le réseau téléphonique.

**Le centre de gestion (4) :** Le CG gère les équipements liés au réseau notamment les concentrateurs d'accès, les commutateurs locaux et les centres de transit. Il est responsable de l'administration et la maintenance de l'ensemble du réseau de commutation de paquets.

Ces équipements sont alimentés à partir d'une source d'énergie à courant continu -48V et sont tous conformes aux recommandations du CCITT (X25, X75 X3, X28; X29)

Ils supportent différents types d'extension à savoir :

- Augmentation du nombre des accordements ainsi que la performance par addition de coupleurs ou d'unités de traitement.

- Changement de structure d'un commutateur PSX2 vers un multi-module de type PSX3

- La mise en place de nouveaux commutateurs ou concentrateurs de la gamme DPS2500

- Le découpage du réseau en zones géographiques chacune supervisée par un centre de gestion.

## 1-2-5 Topologie du réseau DZ-PAC

Afin de répondre aux besoins de l'administration et tenant compte de la topologie géographique de l'Algérie, la topologie du réseau a été réduite à 4 sites équipés de commutateurs PSX2 et 30 sites équipés de concentrateurs d'accès PSXC pour une capacité de 1 600 portes.

Les quatre sites commutateurs Alger, Oran, Constantine et Ouargla constituent le coeur du réseau de commutation par paquets et servent à la fois de commutateur de raccordement d'abonnés et de transit pour les autres commutateurs qui lui sont rattachés.

Les concentrateurs d'accès PSXC ont une structure simplex et les commutateurs une structure dupliquée.

Les accès internationaux ont été prévus à partir du centre d'Alger (12 accès à 9,6 kbps)

Les accès télex au nombre de 40 ont été répartis sur les quatre sites où sont installés des commutateurs PSX2.

L'accès au service vidiatex est disponible sur l'ensemble des équipements installés.

La répartition des ETTD sur les différents commutateurs est conformé aux spécifications de l'administration pour 1 600 portes.

Les liaisons internœuds comprennent :

- Les lignes entre commutateur et le centre de gestion,
- les lignes entre commutateurs,
- les lignes entre commutateurs et concertateurs d'accès.

## I-3- Problématique

Le réseau DZ-PAC est un réseau public fonctionnant d'une manière permanente, et doit être maintenu pour assurer la continuité du service. Donc l'une des principales tâches de la direction de commutation chargée de cet investissement consiste à encourager la bonne exploitation du réseau et l'expansion des services offerts par ce dernier.

La relation étroite entre la pièce de rechange et l'exploitation du réseau explique la préoccupation de la direction citée pour la mise en œuvre d'une bonne gestion des pièces de rechange du réseau.

Les équipements du réseau étant de trois types (centre de gestion, commutateur, concentrateur) et sont constitués d'un grand nombre de sous-ensembles.

La majorité de ces sous-ensembles sont des pièces de type électronique tels que les cartes à base de microprocesseurs constituant plus de 50 % de la composition des équipements.

Ce sont des pièces très stratégiques étant donné que leur détérioration ou leur absence affecte directement le réseau par la diminution remarquable de sa fiabilité et de sa qualité de service.

Dans cette optique, l'administration désire entreprendre une étude restreinte à ce type de pièces qui permet de garantir au maximum la disponibilité du système, ce qui revient à assurer une meilleure qualité de service et minimiser les coûts des opérations liées à la gestion du réseau.

Ces pièces doivent être gérées de manière à permettre la rapidité des opérations de maintenance dans les différents sites du réseau et la réduction des coûts liés à la possession du stock de ces pièces.

*Chapitre*

*2<sup>e</sup>*

# Deuxieme chapitre

## Revue de litterature

### II-1- Introduction

L'exploitation d'un réseau de transmission de données est assurée par certaines fonctions qui sont prises en compte dès la conception du système.

Elle ne saurait être envisagée sans :

- La maintenance qui est l'ensemble des opérations effectuées pour maintenir les installations en bon état de fonctionnement et garantir la qualité de service.
- Une gestion technique qui consiste à améliorer la qualité de bon fonctionnement et accroître les services rendus.
- Une surveillance du réseau qui permet de remédier à tout mauvais fonctionnement.

La constitution d'un stock de rechange contribuera avec la maintenance à la réalisation d'une bonne exploitation du réseau et permettra de palier à tout problème, à tout incident survenu dans ce dernier

Pour un choix approprié du volume du stock nous devons disposer de l'information nécessaire.

L'analyse de cette information dépend des caractéristiques du réseau, de son environnement et de son mode d'exploitation.

Ceci nécessitera de débiter cette partie par un aperçu sur la gestion des réseaux de transmission de données complété par un exposé sur la gestion des stocks.

## II-2-Gestion des réseaux de transmission de données(5)

La gestion du réseau est une fonction qui consiste à surveiller le fonctionnement du réseau en temps "réel" et garantir une utilisation maximale de la capacité du réseau en toute circonstance.

Son but est d'assurer une planification et une exploitation efficaces et précises du réseau de télécommunication depuis son installation.

### II-2-1- Mise en place d'un nouveau réseau :

L'installation d'un nouveau réseau de transmission de données nécessite les démarches suivantes.

**a- La planification :** une fois l'architecture du réseau est choisie ainsi que les équipements un ensemble de tâches doit être mis en oeuvre afin d'assurer la coordination permettant de respecter les dates d'ouverture de service.

A cette étape il est difficile d'établir un calendrier type de mesures à prendre étant donné que les délais dépendent de plusieurs paramètres (taille du réseau, couverture géographique, délai d'approvisionnement des matériels, mise en place des structures, conformité des locaux techniques existants où à créer).

**b- La formation :** La formation doit permettre une maîtrise des techniques utilisées, la connaissance des équipements, une approche approfondie des moyens et méthodes d'exploitation du réseau. On distingue :

- La formation initiale
- La formation technique
- La formation à l'exploitation
- La formation à la maintenance
- La formation à la réparation du matériel

**c- La documentation :** Une documentation complète claire, précise et bien ordonnée évite au personnel des pertes de temps et améliore la productivité. La gestion de cette documentation doit permettre de disposer de tous les composants de la documentation et en assurer la pérennité. Cette dernière n'a de valeur que dans la mesure où elle est mise à jour.

Les types de documentation considérés sont

La documentation générale

La documentation technique : comprend une :

- Documentation fonctionnelle,
- description générale des équipements,
- documentation détaillée,
- documentation d'exploitation,
- documentation de maintenance,
- documentation de réparation de matériels.

#### **d- Installation et aménagement des locaux**

Le bon fonctionnement des équipements nécessite de respecter certaines caractéristiques électriques et climatiques. L'implantation des équipements doit permettre une exploitation aisée pour le personnel d'exploitation ainsi que des possibilités d'extension. Aussi des installations particulières sont nécessaires.

- Installation électrique : (respect des normes, sources sans coupures, alimentation par de l'énergie secourue),
- installation de climatisation (respect des contraintes imposées aux matériels),
- installation des dispositifs de détection et d'extinction d'incendie,
- mise à la terre (raccordements conformes aux normes du pays concerné),
- installation et câblage,
- installation parafoudre,
- Divers (entrepôts de matériel de rechange)

#### **e- Essais de recette et mise en service.**

Les essais de recette ont pour but de vérifier le bon fonctionnement du matériel, la conformité de la livraison et le respect des spécifications d'exploitation. Elles peuvent être effectuées à des moments différents suivants l'évolution du projet.

**Essais de recette en usine :** Les matériels doivent faire l'objet d'essais de recette en usine chez le constructeur.

**Recette provisoire :** La recette provisoire mentionne les anomalies de fonctionnement et les problèmes qui devront être résolus avant la réception définitive des équipements.

**Réception définitive :** Elle intervient après une durée de fonctionnement définie avec le fabricant. Elle permet de s'assurer du bon fonctionnement du réseau dans son ensemble.

## II-2-2. Surveillance du réseau

La maîtrise complète du réseau nécessite une surveillance des différents composants (commutateurs, concentrateurs, centre de gestion) au niveau du matériel et du logiciel, des supports de transmission (circuits de jonction, raccordement d'utilisateur), de l'acheminement et de l'interconnexion du réseau avec d'autres réseaux.

Elle se fait à partir des points de contrôle où sont rassemblés des moyens humains et matériels (alarmes sonores, alarmes visuelles, moyens informatiques, appareils de mesures).

La qualité de fonctionnement est évaluée à partir de l'ensemble de données fournies par la supervision et la surveillance du réseau.

Celle relative à la capacité de transport et de traitement de réseau est mesurée à partir des paramètres suivants :

- Le temps de réponse, le temps de transit,
- le débit efficace,
- la capacité de commutation,
- le taux d'utilisation,
- la capacité à satisfaire les appels,
- la flexibilité,
- la fiabilité des informations traitant à travers le réseau.

Celle relative à la disponibilité se traduit du point de vue de l'utilisateur par ses exigences.

La disponibilité dépend de l'architecture du réseau (redondance) des procédures de signalisation, de la localisation et de la réparation des dérangements.

## II-2-3 Gestion technique du réseau

Elle comprend les fonctions d'exploitation et de maintenance et les actions visant à surveiller le bon fonctionnement du système et de faciliter l'exploitation et les interventions en cas d'incidents. On distingue :

La gestion quantitative : Gestion matérielle .

La gestion des lignes : Gestion des circuits, des liaisons .

La gestion de trafic : Ecoulement du trafic .

La gestion prévisionnelle : permet de dimensionner les extensions. Afin d'éviter toute interruption de service, des équipements redondants avec le basculement automatique garantissent la continuité de service.

### **III-2-4- Gestion commerciale du réseau**

Le service commercial se charge :

- De l'information et directives aux futures utilisateurs,
- de gestion des demandes, ventes,
- des relations avec les clients,
- de la promotion de nouveaux services,
- de la facturation

### **II-2-5- Maintenance**

a- Méthodes de maintenance : La maintenance peut être définie comme l'ensemble des opérations administratives et techniques qui concourent à assurer le maintien et l'amélioration des caractères spécifiques du réseau et des liaisons de transmission de données au coût optimal. L'objectif essentiel de la maintenance est la diminution du nombre et de la durée des dérangements affectant les équipements du réseau et l'ensemble des services, les méthodes de maintenance sont :

#### **a-1-La maintenance préventive**

Conformément aux recommandations du CCITT, la maintenance préventive peut être définie comme une méthode recourant à des opérations systématiques pour réduire la probabilité de dérangements avant qu'ils n'affectent l'exploitation.

#### **a-2-La maintenance corrective**

La maintenance corrective peut être définie comme l'ensemble des opérations permettant la localisation et la relève des dérangements affectant les éléments du réseau, après détection. Son inconvénient est d'intervenir sur les anomalies ou réclamations des usagers, ce qui a un effet direct sur la qualité de service. Il convient alors de mettre en œuvre des moyens de signalisation des dérangements et des moyens d'intervention rapide.

#### **a-3-La maintenance qualitative**

La maintenance qualitative se traduit par la mise en œuvre systématique de techniques d'analyse faisant appel à une surveillance centralisée, où à des méthodes d'échantillonnage permettant de réduire les actions de maintenance préventive et d'alléger les tâches de maintenance corrective, tout en maintenant la qualité de service au niveau souhaité.

#### **b - Organisation**

Le directeur est responsable de la qualité de service et de la maintenance des équipements des utilisateurs. Dans le cas de réseaux importants géographiquement dispersés, il peut exister autant de centres directeurs que les

nœuds.

Le centre sous-directeur reçoit les indications télémétriques sur les dérangements, collabore, informe et exécute les opérations dont il est chargé par le centre directeur.

Les opérations de maintenance fournissent des indications sur les pannes de matériel. L'analyse de ces données permet de connaître la fiabilité des équipements et de gérer au mieux le stock de maintenance, de déceler les points faibles de l'exploitation et d'y remédier.

La maintenance corrective est directement liée à l'apparition des dérangements . Les signalisations reçues peuvent avoir plusieurs provenances :

- L'utilisateur ou son représentant ;
- le centre d'exploitation.

Pour faciliter les opérations de maintenance, des points d'accès devront être aménagés tant sur les équipements que sur les liaisons.

La politique de réparation des matériels dépend de nombreux facteurs :

- Le volume des équipements ;
- leur complexité ;
- le coût des équipements nécessaires pour mettre en place des ateliers de réparation ;
- le délai de réparation ;
- les qualifications du personnel.

Les niveaux de réparation pour un matériel donné sont :

Niveau 1 : La réparation nécessitera de changer des pièces défectueuses facilement décelables et ne nécessitant aucune connaissance particulière.

Niveau 2 : La réparation se limitera à la détection de la panne et au remplacement du bloc enfichable. Ceci nécessite des mesures et des essais simples et un stock de cartes de rechange.

Niveau 3 : Nécessite la détection et le remplacement de l'élément en panne ( composants, circuits)

Les méthodes à mettre en œuvre nécessitent des appareillages complexes, une qualification élevée du personnel et la gestion d'un stock de composants.

## II-2-6- Extension du réseau

L'extension du réseau peut être le fait de plusieurs paramètres : amélioration de la qualité de fonctionnement (débit, vitesse) augmentation du trafic, saturation des équipements de raccordements, mise en service de nouveaux nœuds (extension géographique). La décision d'extension ne peut être prise sans une étude préalable de faisabilité technique.

L'expérience montre que toute modification du réseau ne se fait pas sans problème, mais une étude préalable approfondie des conditions d'ouverture du service permet d'éviter les incidents perturbant le fonctionnement et de former le personnel d'exploitation à des interventions rapides.

## **II-3- Organisation et gestion des stocks de rechange**

Une bonne organisation matérielle permet d'éviter la situation de déséquilibre engendrée par un surstock ou une pénurie. Car si on en garde pas assez, les coûts résultant des pertes de temps et de production (production de service dans notre cas ) sont trop élevés. Par contre si on en garde trop, les coûts de maintien en stock sont trop élevés.

### **II-3-1-Organisation matérielle et outils de gestion des stocks de rechange.(6)**

Une bonne gestion repose sur une organisation efficace. Cette dernière suppose la maîtrise des points clefs ou outils de base de la gestion des stocks de rechange suivants :

#### **1- L'identification et la connaissance des biens :**

La quantité d'articles à tenir en stocks dépend d'une grande part de l'importance des biens à maintenir. Ceci risque de se traduire par :

- Des quantités importantes de pièces à gérer,
- Une foule d'ordre de réapprovisionnement,
- Un nombre important de pièces identiques sous des appellations différentes ou des articles différents rangés sous la même dénomination,

Produisant exclusivement :

- Des risques d'erreurs dans l'élaboration des ordres d'achats,
- des risques de mélanges en réception,
- une mauvaise répartition vers les sites utilisateurs,

La connaissance des biens suppose :

- L'identification et le recensement des biens concernés
- identification bi-univoque de tous les éléments constitutifs du parc machines ou installations.

- Une classification selon les biens par :

Familles

Fonctions (traitement thermique, usinage)

Destination

Une typification éventuelle

- L'élaboration d'une documentation technique indispensable
- Etablir les liens entre documents et pièces de rechange
- Un suivi des évolutions techniques et modification avec les incidences sur les stocks
- Une définition éventuelle d'une nomenclature des outillages spécifiques de maintenance
- Un suivi statistique de maintenance :  
Périodicité des interventions,  
statistiques des défaillances,  
coûts.

## **2. Répartition des articles**

Certaines pièces se trouvent sur différents équipements de même sur différents sites. Ce qui fait apparaître la nécessité d'un découpage soit :

- Par fonction : Les installations sont répétitives et installées généralement sur un même site géographique.
- Par sites géographiques : appliqué principalement aux petites entreprises ou unités.
- Composée : s'applique aux entreprises à sites multiples dispersés.

3- Les inventaires : Il est préférable d'effectuer des inventaires permanents qui aident à déceler les erreurs ou les troubles dans l'approvisionnement et permet une meilleure prévision dans la comptabilité matières.

## **II-3-2- Aperçu sur la théorie de la gestion des stocks**

Le problème de la satisfaction de la demande anticipée est fondamental en gestion des stocks. La résolution de ce problème repose sur la combinaison des outils de gestion de stocks.. Ainsi, cette partie sera consacré à l'exposition des différentes variables ou facteurs ainsi que certains modèles et systèmes sur lesquels repose ce domaine.

### **a - Les facteurs importants de la gestion des stocks.**

Un nombre de facteurs a été identifié comme étant important dans la prise de décisions en gestion des stocks.

**a-1- Facteurs coûts (7)** Nous décrivons ici un certain nombre de facteurs coûts supportés par l'entreprise qui sont généralement de nature diverse.

### **a-1-1-Le coût d'entretien des articles en stock**

Le coût de maintien des stocks inclue le cout d'opportunité de l'argent investi, les dépenses supportées à la suite du fonctionnement du magasin, les coûts engendrés par l'emmagasinerage spécial des besoins, la détérioration des stocks, l'obsolescence, les assurances et taxes...

**La convention la plus usuelle relative à ce type de coûts est :**

#### **Coûts de maintien annuels : IVR**

I : Le coût moyen par unité

Iv : Stock moyen exprimé en monnaie

r : Appelé la charge d'entretien, c'est le coût en unité monétaire de l'entretien d'une unité monétaire de la valeur du stock durant la période de stockage.

### **a-1-2-Le coût d'approvisionnement**

Il représente le coût fixé associé à une commande quelconque indépendamment de la taille du lot commandé. Appelé aussi le coût d'ordre, il inclut les coûts de formulation de la commande, postage, appels téléphoniques, l'écriture de la commande, la réception et le contrôle de cette dernière si possible.

### **a-1-3-Le coût de pénurie**

Ce sont les coûts supportés dès l'apparition d'une pénurie. Ils sont généralement difficiles à estimer, surtout s'il s'agit d'estimer des coûts résultant d'un manque de service.

On ne peut prévoir la rupture de stock avec exactitude ainsi que les conséquences générées par le manque de service, telles que : perte client, l'image de marque, la réputation de l'entreprise. Pour faire face à l'imprécision il faut tenir compte de la marge d'erreur et de se fixer des limites de risque de rupture.

## **a-2 Autres variables clés**

### **a-2-1- Le délai de réapprovisionnement : [1]**

Le délai de réapprovisionnement est défini comme étant le temps qui s'écoule entre le moment où on décide de placer un ordre de réapprovisionnement jusqu'à l'obtention de la commande. Il est le résultat de ces cinq (05) éléments : le délai de passation de l'ordre pour une commande, le délai de réception de l'ordre par le fournisseur, le temps de préparation de la commande, le délai de l'acheminement de la commande, le temps de réception de la commande.

### **a-2-2- Le modèle de la demande**

La planification des stocks se fonde principalement sur l'estimation de la demande durant le délai de livraison. Cependant la demande réelle peut varier durant le délai de livraison et peut engendrer un surstock ou des ruptures. D'où la nécessité de prévoir adéquatement un stock de sécurité.

La nature de l'article peut aussi influencer le modèle de la demande. par exemple, la demande pour les pièces de rechange est probablement moins prévisible ou plus difficile à prédire que les besoins pour, des constituants quelconques.

#### **- Estimation des besoins de rechange**

La détermination des quantités de pièces de rechange à conserver en stock n'est pas simple

La difficulté de l'estimation des besoins de rechange varie selon la complexité des tâches à mener en maintenance et la diversité des opérations et politiques de cette dernière.

Cependant, les besoins en pièces de rechange ont été généralement classés en deux (02) familles.

1°- Les besoins réguliers (8): Concernant essentiellement les pièces nécessaires à la maintenance préventive, pièces d'usure ou consommables. Ces besoins sont généralement assez faciles à prévoir en nombre et en nature du fait de la périodicité connue des interventions et de la connaissance des opérations à effectuer et peuvent être modéliser par une loi normale.

La méthode de gestion adaptée à ce type de besoin est la gestion des stocks traditionnelle. Ce besoin prévisionnel doit être estimé à partir des données fournisseur, ou à partir des données historiques ou en consultant des gestionnaires expérimentés.

## 2°- Les besoins irréguliers ou erratiques : [8,9]

Ils regroupent les pièces à rupture aléatoire ou ceux concernant la maintenance corrective. Pour les évaluer il existe diverses méthodes qui reposent essentiellement sur l'évaluation du taux de remplacement des dispositifs au cours de l'étude de la fiabilité et de la maintenabilité.

Le taux de remplacement est la somme :

- Du taux de défaillance intrinsèque à ce composant dans les conditions d'utilisation,
- des taux de défaillances des composants susceptibles d'entraîner la défaillance du composant considéré pour un mode de défaillance donné,
- d'un certain taux de défaillance dû, aux défauts d'utilisation ou aux erreurs commises par les agents de la maintenance.

Ces besoins peuvent être modélisés par un processus de Poisson. Ce dernier est applicable à un processus ponctuel dont les événements attendus sont indépendants les uns des autres, ce qui est le cas d'un besoin en pièces de rechange sur une installation donnée. D'après la loi de Poisson la probabilité de non rupture de stock pour un dispositif suivant une loi de défaillance exponentielle négative fau bout de  $r$  défaillances est donnée par :

$$\sum_{i=1}^r (\theta T)^i \frac{\exp(-\theta T)}{i!}$$

Dans laquelle  $\theta$  est le taux de remplacement du dispositif. Pour un équipement donné, la probabilité de non rupture de stock de l'ensemble des dispositifs nécessaires, en admettant que ceux-ci sont indépendants est le produit de probabilités de non rupture de stock de chaque dispositif

$$P = \prod_{i=1}^r \sum_{i=1}^r (\theta T)^i \frac{\exp(-\theta T)^r}{i!}$$

En pratique on se fixe la probabilité  $P$  de non rupture pour l'équipement et l'on détermine après allocation de  $P$  pour chacun des dispositifs le taux de remplacement de ceux-ci.

## b- Les modèles de gestion de stocks

Rappelons que, par la désignation d'un système de contrôle, nous fournissons des réponses aux trois questions :

- 1- Combien de fois l'état du stock doit être déterminé ?
- 2- Quand une commande doit-êre placée ?
- 3- Quelle sera la quantité commandée ?

Il existe un certain nombre de systèmes de contrôle possibles. Nous allons citer dans cette partie ceux les plus connus.

### b-1-Les modèles en avenir certain

#### b-1-1-Modèle de Wilson élémentaire ou modèle à quantité d'ordre économique [10]

Connu par sa simplicité, ce modèle représente une base pour tous les modèles actuels. Son but est de trouver la quantité qui doit être en stock au début de chaque période pour chaque article.

##### Modèle de Wilson élémentaire

Hypothèses de base

Demande permanente ( fixée)

Délai de livraison connu

Pas de Pénurie

Commande toujours satisfaite.

- Cas d'un article dans le stock

Le coût moyen total par unité de temps est donné par :

$$CMT = Q \frac{C_e}{2} + C_r D/Q$$

La quantité optimale qui minimisera ce coût est :

$$Q_{opt} = \sqrt{\frac{2 C_r D}{C_e}}$$

La période de réapprovisionnement :

où 
$$R = \sqrt{\frac{2 C_r}{C_e D}}$$

$C_r$  : Coût d'approvisionnement/unité de temps

$C_e$  : Coût d'entretien/ unité de temps

$D$  : Demande / Unité de temps

- Cas de plusieurs articles dans le stock

Fonction coût sans contraintes

$$\text{Min ( CMT )} = \sum_{i=1}^r C_r \frac{D_j}{q_j} + I_j C_j \frac{q_j}{2}$$

Tel que  $I_j$  : taux de tenu de stock

$C_j$  coût d'entretien de l'article j

Remarque : La solution optimal est la même que celle trouvée auparavant.

**Fonction coût avec contraintes**

La résolution de ces programmes linéaires est donnée par le minimisation de la fonction lagrangienne.

### 1- Contrainte sur le nombre d'approvisionnement

soient :

q : Approvisionnement dans une période Y

D Approvisionnement dans une période nY

L: Nombre d'approvisionnement

Le nombre d'approvisionnement de l'article j durant ny est  $D_j$

$q_j$

La contrainte déduite est la forme :

$$\sum_j \frac{D_j}{q_j} \leq L$$

Le programme résultant est

$$\begin{cases} \text{Min ( CMT ( } q_j \text{ ) )} \\ \sum_{j=1}^r \frac{D_j}{q_j} \leq L \quad ; \quad q_j > 0 \end{cases}$$

La quantité optimale qui minimisera le coût serait

$$q_j^* = \left( 2 ( C_r + \mu ) \frac{D_j}{I_j C_j} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$\mu^* = \frac{1}{2} \left( \frac{1}{2} \sum_j ( I_j C_j D_j )^{\frac{1}{2}} \right)$$

2- Contrainte sur l'investissement :

$$\begin{cases} \text{Min ( CMT ( } q_j \text{ ) )} \\ \sum C_j q_j \leq S \quad ; \quad q_j > 0 \\ S : \text{ budget} \end{cases}$$

La quantité optimale qui minimisera le coût serait

$$q_j = \left[ 2 C_r \frac{D_j}{(I_j + 2\mu)C_r} \right]$$

Nous poserons  $I_j = I$  et  $A_j = A$

$$\mu^* = \frac{A}{S^2} \left[ \sum_j (C_j \times D_j)^{\frac{1}{2}} \right]^2 - \frac{I}{2}$$

### 3- Contrainte sur la capacité

La contrainte est de la forme

$$\sum_j F_j q_j \leq F \quad ; \quad j > 0$$

Tel que :  $F_j$  : capacité de stockage de l'article  $j$  :

$F$  : Capacité totale de stockage du magasin

Le programme déduit est le suivant

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Min CMT } (q_j) \\ \sum_j F_j q_j \leq F \quad ; \quad j > 0 \end{array} \right.$$

La quantité optimale qui minimisera le coût serait :

$$q_j^* = \left[ 2 C_r \frac{D_j}{I_j C_j + 2\mu F_j} \right]^{\frac{1}{2}}$$

Remarque :

Réellement la demande (consommation) n'est jamais constante, et ce sont les ruptures du stock qui inquiètent le gestionnaire.

#### b. 1. 2. Modèle de Wilson avec coût de pénurie

On suppose que la demande augmente assez pour provoquer une rupture de stock, sachant que la quantité commandée n'est pas entièrement livrée. Le coût global de gestion est donné par :

$$C = \left[ \frac{q^2}{2B} C_e + \frac{D}{B} C_r + C_p \frac{(B-q)^2}{2 \cdot B} \right] D$$

Les résultats obtenus, en minimisant ce coût global de gestion sont :

$B^*$ : Quantité à commander

$q^*$ : Quantité qui doit être livrée

$L^*$ : Période de réapprovisionnement

Tels que :

$$B^* = \left( 2 D C_r + \frac{(C_e + C_p)}{C_e \cdot C_p} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$q^* = \left( 2 D C_r \frac{C_p}{C_e (C_e + C_p)} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$L^* = \left( 2 \cdot \frac{C_r}{D C_e \mu} \right)^{\frac{1}{2}} \quad \text{avec} \quad \mu = \frac{C_p}{C_p + C_e}$$

$m$  est appelé taux de service

## b-2- Modèles en avenir incertain

### b-2-1 Modèle de Wilson en avenir incertain : (10)

Dans la pratique, c'est très rare de connaître la demande durant une période fixée avec exactitude, mais il est possible de savoir sa structure probabilistique. Pour cela on a envisagé ce modèle qui ne suppose plus que la demande est certaine mais comme stochastique.

Le but est de trouver une période optimale de réapprovisionnement et une quantité optimale à approvisionner en minimisant le coût global de gestion tout en limitant les risques de rupture et en faisant une bonne prévision des demandes.

Le coût moyen est donné par :

$$F_{\mu}(t) = \sum_{n=0}^q C_e \cdot t \left( q - \frac{n}{2} \right) P_t(n) + \sum_{n=q-1}^{\text{inf}} \left[ \frac{C_e q (q+1)}{2(n+1)} t + C_p (n - q) \right] P_t(n)$$

## Notation

t : intervalle entre les commandes  
n : Demande (consommation) durant t  
P<sub>t</sub>(n) : Distribution de la demande au temps t  
C<sub>e</sub> : Coût d'entretien / article / unité de temps  
C<sub>p</sub> : Coût de pénurie / article / unité de temps  
F(q) : coût moyen ( espérance du coût)  
q : Stock qu'on doit obtenir

### b-2-2- Modèle basé sur le stock de sécurité [10]

La quantité du stock de sécurité habituellement utilisée dans le contrôle d'inventaire peut être déterminée selon deux approches :

#### 1- Technique MAD : Mean absolute déviation

Dans le cas où la quantité de stock de sécurité est constante par rapport au temps :

$$MAD = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |x_t - \hat{x}_t|$$

où

x<sub>t</sub> : Demande actuelle en période t

x̂<sub>t</sub> : Prévion de la demande en période t

n : Nombre de données utilisée.

Le stock de sécurité proportionnel à MAD est donné par :

$$SS(t) = K * MAD$$

L'inconvénient de cette méthode est que lorsque la prévision sur la demande future croit ou décroît, le stock de sécurité réagit proportionnellement à la demande mais reste constant, d'où la deuxième technique.

#### 2- Technique TIFC (Time increment contingency factory)

Cette technique évalue le stock de sécurité basé sur l'unité de temps. La statistique TIFC ( facteur de temps d'incrémentation) est donné par :

$$TICF = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |1 - \frac{x(t)}{\hat{x}(t)}|$$

Le stock de sécurité serait :  $SS(t) = K * TICF X (t+1)$

K : Facteur de sécurité, déterminé par la probabilité de niveau de service. Nous déduisons, la quantité optimale à approvisionner.

$$q^* = SS(t) - SS(t-1) + X(t)$$

### 3-Technique du pourcentage de l'EDDDL ( estimation de la demande durant le délai de livraison) [11]

Le niveau du stock de sécurité est établi à un certain pourcentage de l'EDDDL,

$$SS(t) = j \times (EDDDL)$$

où j = un facteur variant entre 0 et 3,0

d'où

$$\text{point de commande} = EDDDL + j (EDDDL)$$

### 4- Technique de la racine carrée de l'EDDDL [11]

On établit le stock de sécurité en appliquant la formule suivante

$$SS(t) = \sqrt{EDDDL}$$

Cette formule est utilisée lorsque les ruptures de stock n'entraînent pas de difficultés majeures ou de coûts importants.

## b-3 Systèmes fondamentaux d'approvisionnement (7)

### b-3-1 Système à point de commande, quantité de commande (S,Q)

Ce système nécessite une révision ou inventaire permanent du stock (d'où  $R_j=0$ ). Une quantité Q connue est commandée quand l'état ou position du stock baisse jusqu'au point s ou plus bas. L'état du stock, étant donné qu'il inclue les quantités ou stock en cours, tient compte du matériel demandé qui n'est pas encore reçu de chez le fournisseur. Ce système est souvent appelé système two-bin, car une des formes physiques est d'avoir deux casiers ou coffres pour le stockage des articles.

### **b-3-2 Système à point de commande, à rétablissement de niveau (S,S)**

Ce système nécessite aussi un inventaire permanent et un réapprovisionnement est effectué quand la position du stock baisse jusqu'au point d'ordre  $s$  ou plus bas. Cependant, contrairement au système  $(s,q)$ , ici une quantité variable d'approvisionnement est placée, juste assez pour remonter le niveau du stock au point  $S$ .

Le système  $(S,s)$  est connu aussi sous l'appellation de système min-max, car le niveau du stock, excepté pour une baisse momentanée possible au dessous du point d'ordre, est souvent entre une valeur minimum  $s$  et une valeur maximum  $S$ .

### **b-3-3 Système à rétablissement de niveau (R,S) inventaire permanent.**

Ce système, aussi appelé système à réapprovisionnement cyclique, est généralement utilisé dans les entreprises ne pratiquant pas de gestion par ordinateur. La procédure de gestion, est que pour chaque  $R$  unités de temps ( ainsi pour chaque période d'inventaire) une commande suffisante est placée pour remonter le niveau du stock au niveau  $S$ .

### **b-3-4 Système (R,s,S)**

C'est la combinaison des systèmes  $(s,S)$  et  $(R,S)$ . L'idée est que pour chaque  $R$  unités de temps on vérifie l'état du stock. S'il n'est pas au dessous du point  $s$ , nous passons une commande pour soulever le niveau du stock au point  $S$ . Si la position est au dessus de  $s$ , rien n'est fait jusqu'à la fin du prochain inventaire.

Le système  $(s,S)$  est un cas particulier où  $R=0$ , de même le système  $(R,S)$  est un cas particulier pour  $s = S-1$ .

### **b-4 - Modèle des commandes groupées : (12)**

Ce type de modèle permet de passer des commandes groupées à un même fournisseur. Il s'agit de définir la périodicité optimale de commande portant simultanément sur plusieurs articles. La différence majeure avec les autres modèles est qu'au lieu d'avoir un approvisionnement progressif, on a une livraison périodique de la totalité de la quantité de commande.

La période optimale moyenne annuelle est donnée par :

$$T^* = \sqrt{\frac{2 C_L}{C_s \sum_j Q_j}}$$

Si on ne tient pas compte des pénuries

$$T^* = \sqrt{\frac{2 C_L}{C_s \sum_j Q_j}} \frac{1}{\sqrt{\varphi}}$$

Si on tient compte des pénuries.

$$\varphi = \frac{C_p}{C_p + C_s}$$

Les quantités optimales à commander sont :

$$q_j^* = Q_j * T^*$$

et le nombre moyen annuel de commandes est :

$$N_c^* = \frac{1}{T^*}$$

### b-5- Modèles utilisant la technique de simulation

La simulation prend le relais d'autres techniques impuissantes à résoudre des problèmes et la souplesse de ces possibilités laisse le champ libre aux simulateurs.

C'est une technique qui permet la représentation abstraite des systèmes naturels ou créés par l'homme.

En gestion des stocks, la simulation constitue un outil performant et les modèles utilisés sont assez nombreux dont nous citons celui de Brown.

#### Modèle de Brown de simulation par la méthode de Monte-carlo (13)

Brown utilise la méthode de Monte-Carlo pour engendrer les données relatives à la demande en représentant le volume de chaque commande par une valeur tirée au hasard, à partir d'une population de distribution exponentielle pour chaque article. L'intervalle entre les commandes successives par une autre valeur également tirée au hasard à partir d'une distribution exponentielle.

La règle adoptée pour le réapprovisionnement dans ce modèle est très simple.

Un ordre de réapprovisionnement engendré dans ce système est alors immédiatement expédié, associé à une date de livraison tenant compte d'un certain délai. Le délai est égal à un multiple entier de l'unité de temps fondamental.

## b-6 Détermination des quantités d'ordre avec demandes à tendance linéaire (14)

Le modèle de la demande est supposé être une fonction linéaire du temps :  $D(t) = a + b.t$  où :

$D(t)$  : taux de la demande au temps  $t$

$a$  : taux de la demande au temps à 0

$b$  : valeur à la tendance.

Votons  $H$  l'horizon ou période de l'étude, la première étape de la méthode proposée consiste en la détermination d'une constante équivalente au taux de la demande  $D^*$ . Ainsi, la demande totale utilisant ce taux constant,  $D^* H$  est égal à la demande totale sur l'horizon donné par la fonction linéaire.

$$M = \int_0^H D(t) dt = aH + (b/2)H^2$$

Utilisant le taux de demande constant  $D^*$ , on détermine un intervalle de réapprovisionnement :  $T^* = \sqrt{2A / rD^*}$

où :  $A$  : coût fixé d'approvisionnement par commande

$r$  : coût d'entretien du stock, par unité par unité de temps

Le nombre d'approvisionnement sur l'horizon sera

Le but de la méthode est de passer  $n = [M / (D^* T^*)]^+$

commandes sur l'horizon, où  $[X]^+$  représente le plus petit élément naturel supérieur ou égal à  $x$ . Le temps entre ordres est égal à  $T^*$ , sauf pour l'intervalle de temps entre le dernier ordre et la fin de  $H$  qui n'est pas nécessairement égale à  $T^*$ .

La quantité de commande à chaque point est le montant nécessaire pour satisfaire les besoins en demande, pour cette période de réapprovisionnement.

Ainsi, la politique d'approvisionnement proposée est de placer  $J$  ordres pour  $Q_j$  articles au temps  $T_i$  où

$$t_j = (j-1) T^* ; j = 1 \dots n$$

$$Q_j = \int_{(j-1)T^*}^{jT^*} D(t) dt = aT^* + b [j - (1/2)] (T^*)^2, j = 1 \dots n-1$$

Le coût d'approvisionnement total est donné par  $nA$ , le coût de l'entretien du stock pour le jème intervalle,  $R_j$  est obtenu comme suit :

$$R_j = r \int_{(j-1)T^*}^{jT^*} [t - (j-1)T^*] D(t) dt$$

$$= (r/2) [a(T^*)^2 + b (j - (1/3))(T^*)^3], j = 1 \dots n-1 ;$$

*Chapitre*

*3<sup>e</sup>*

# Troisième chapitre

## Approche Méthodologique

### III - 1 - Introduction

L'approche proposée pour la résolution du problème se déroule en deux étapes :

*1ère étape* : la classification des articles du réseau retenus pour l'étude.

Une classification qui peut ouvrir des perspectives extrêmement intéressantes au niveau de la gestion des pièces de rechanges.

*2ème étape* : consiste en une proposition d'un mode d'approvisionnement qui mettra les bases d'une gestion scientifique pour le réseau.

## III-2 L'étude de la classification des pièces.

Généralement et quel que soit le domaine, la classification ne constitue qu'un intermédiaire qui permet d'aborder une étude ou d'analyser une observation avec le plus de clarté et de simplicité.

La description d'un phénomène quelconque nécessite un ou un ensemble de paramètres choisis de telle manière à répondre à l'objectif défini par le décideur.

Sur la base de ces paramètres ou critères des classes sont constituées suivant une méthode bien définie.

### III-2-1- principales méthodes de la classification (14)

Nombreuses sont les méthodes de classification, selon qu'il s'agit :

- *Des méthodes basées sur un seul critère, dont on peut citer ;*

- *La méthode de Paréto* : Appelée aussi la méthode des 20/80. Elle permet une classification des éléments en fonction des coûts. C'est une méthode très utilisée en gestion des stocks.

- *La méthode d'analyse unicritère* : Dans lesquelles l'objet sera représenté par un seul critère.

- *Des méthodes basées sur une multitude de critères ou méthodes multicritères.*

Le classement des méthodes d'analyse multicritères dépend de ou des critères que l'on utilise pour les juger : la quantité d'informations nécessaires, la qualité de ces informations, le coût de traitement, sa rapidité, sa précision... etc

Trois types de présentation peuvent être retenues :

- Suivant la nature des données : M.L Besson propose la présentation suivante.

Les méthodes nécessitant le plus d'informations initiales,

Celles qui nécessitent un peu moins,

Pour finir par celles qui en demandent le moins.

- Suivant la nature des méthodes : C'est la présentation de P. Bertier et J.M Bourouche qui regroupe les méthodes d'analyse multidimensionnelles en deux classes:

Les méthodes algébriques

Les méthodes géométriques

- Suivant la nature du problème :

L'ensemble de ces méthodes est regroupé dans deux parties

- Les méthodes d'analyse multidimensionnelles

- Les méthodes d'analyse multicritères

## A) Les méthodes d'analyse multidimensionnelles

Les techniques de l'analyse multidimensionnelle sont nombreuses et reposent sur plusieurs méthodes.

### A.1 Les méthodes de classement :

Elles sont abondantes, nous en citons quelques unes :

- Les moyennes pondérées,
- la triangularisation de la matrice des échanges,
- la somme pondérée des rangs,
- les permutations successives,
- l'estimation d'une position relative,
- recherche des interdépendances simultanées,
- recherche de la dominance.

### A.2 Les méthodes de classification et de hiérarchisation ou méthodes de classification automatique

\* La classification automatique est l'ensemble des processus de construction d'un système de classes hiérarchisées ou non empiétantes ou non formalisées pour un traitement de données sur ordinateur (15).

Le principe de ces méthodes est le regroupement des observations ou des variables dans des classes homogènes soit :

- Du fait de leur ressemblance,
- du fait de leur profil similaire,
- du fait de la présence des mêmes caractères.

Ces classes ou regroupement constituent :

- Soit des partitions,
- soit des ensembles emboîtés (hiérarchie).

On retrouve :

- Les méthodes de partitions sur la base de ressemblance,
- les classifications hiérarchiques ascendantes :

- Hiérarchie simple,
- hiérarchie stratifiée,
- hiérarchie indicée.

- Les méthodes d'Iphigénie,
- les partitions centrales,
- les nuées dynamiques.

### **A.3 Les méthodes de réduction des données**

L'analyse par réduction de données en présence de dimensions multiples cherche à résoudre simultanément deux problèmes :

- Réduire les données pour les rendre intelligibles,
- essayer d'expliquer la confirmation des données.

Ses méthodes sont très nombreuses dont les plus utilisés sont celles qui se basent sur les analyses factorielles à savoir :

- L'analyse en composantes principales ACP
- L'analyse des correspondances AFC

### **B- Méthodes d'analyse multicritères**

Les modèles de décision qui permettent de modéliser les préférences révélées par le décideur à ceux qui le conseillent. Dans la perspective d'une décision unicritère, la problématique est simple : le décideur (individu, assemblée) est censé pouvoir seul et rapidement effectuer un choix en maximisant l'utilité globale.

Dans le cas de la décision multicritère la problématique change. Il est difficile de prendre sa décision isolément et rapidement.

Tous les modèles d'analyse multicritères aboutissent à une partition ou à une classification sur l'ensemble des actions réalisables entre autres :

#### **B.1 Le modèle de prise de décision avec bi-partition**

Electre 1 (élimination et choix traduisant la réalité) :

C'est une méthode qui permet de guider un décideur dans le choix d'une action réalisable par un ensemble de ces actions, sachant qu'il doit prendre en compte les nombreux critères de préférence non agrégables caractéristiques de ces actions.

#### **B.2 Le modèle de prise de décision avec classement Electre II :**

C'est une méthode qui permet de guider un décideur dès lors qu'il cherche à obtenir le meilleur classement des actions réalisables et tenant compte de plusieurs critères non réductibles à un seul.

Dans la plupart des cas l'unicité du critère limite et appauvrit le domaine de l'analyse. Ainsi et faute de perte de l'information la multiplicité des critères serait d'une extrême importance.

Cependant il est certes qu'il faut disposer d'une méthode pour établir la classification des éléments. Mais est-il intéressant de produire des classes sans pouvoir les interpréter ni les exploiter?

Donc il est évident que toute la difficulté ne réside pas dans le choix de la méthode mais plutôt dans le choix et la décision sur les critères.

### **III-2-2 Démarche de la classification des pièces**

#### **1- Décision sur les critères de la classification**

La classification des pièces s'articule autour de plusieurs critères sur lesquels il faut porter une analyse. En faite une analyse sur l'ensemble des critères en relation avec le système concerné par l'étude permet un choix décisif.

Tenant compte de la nature du problème posé, des constituants du système et des objectifs tracés, nous suggérons les critères suivants :

- Le degré de gravité de la panne des pièces (DGP)
- Les coûts (réparation, perte de trafic, coût d'achats) (C)
- La moyenne des temps de bon fonctionnement (MTBF)
- La redondance (Re)
- Catégorie des fournisseurs CF

#### **1.1 Signification des critères**

a- Degré de gravité de la panne : Ce critère mesure l'impact de la panne de chaque élément sur le système. Plus sa valeur est importante plus la pièce est prioritaire

b- Les coûts : Les coûts reflètent les pertes et les dépenses supportées par l'administration lors de l'indisponibilité des pièces. Ils comprennent :

\* Les coûts de remplacement

- Coûts main d'œuvre

- Matériel utilisé pour le remplacement

\* Les pertes générées par l'absence du trafic, par la destruction des liaisons internœuds...etc

\* Coûts d'achat de la pièce : le prix de la pièce.

c- La MTBF : C'est une donnée qui exprime la durée de vie moyenne des pièces.

d- La redondance : La redondance mesure un degré de sécurité attribué à chaque élément.

Pour le cas du CG et du commutateur les ressources redondantes se substituent à celles défaillantes. C'est un système autocicatrisant.

e- Catégorie de fournisseurs : Ce critère détermine les différents types de fournisseurs pour lesquels l'administration fait recours pour l'achat des pièces.

Les pièces seront groupées selon le type et l'importance de fournisseur.

*Notons A:* Ensemble de tous les critères jugés nécessaires pour la classification.

## 1-2- Analyse des critères (mesure de l'importance des critères)

Pour évaluer l'importance des critères cités nous avons définis un certain nombre de critères de mesure.

A titre de différenciation les critères retenus pour la classification désigneront les stratégies sur lesquelles il faut porter un choix.

1ère analyse : Dans cette première étape, nous retenons comme critère de mesure le critère de signification du critère de la classification.

Le critère signification permet d'éliminer les stratégies d'aucun intérêt pour la classification. Ce critère présente les deux états suivants :

- Significatif
- Non significatif

Auxquels on fait correspondre respectivement les poids 1,0.

Les états sont affectés aux stratégies selon les caractéristiques et observations attribués à chacune de ces dernières d'où tableau :

Stratégie	Observations	Etats du critère	
		Significatif	Non-significatif
Degré de gravité	Mesure le taux de préjudice de l'élément dans le système qui est variable	X	
Coûts C1	Evalue les dépenses engendrée à chaque intervention sur l'élément en panne. Les pièces font tous partie de la maintenance du niveau 2.		X
C2	Détermine la perte en temps et argent lors de la panne de l'élément (varie d'un élément à un autre)	X	
MTBF	Exprime le degré de disponibilité propre à chaque pièce.	X	
Redondance	C'est une donnée qui caractérise certains éléments (pièces) du système.	X	
Catégorie de fournisseurs	L'administration fait recours à un seul fournisseur		X

Conclusion : Cette première analyse a permis de retenir les critères les plus significatifs d'où :

2ème analyse : Les stratégies retenues ne peuvent être classées dans un même niveau.

Ainsi, dans cette phase nous avons introduit deux critères de mesure pour raffiner la solution, à savoir :

**Le critère importance et évaluation**

De la même manière que précédemment, ces critères seront évalués à partir des informations et observations établies sur l'ensembles des stratégies.

Critère	Etats Correspondants
Importance	Très important ( TI)  Important (I)  De moindre importance (MI)
Evaluation	Facilement évaluable  Difficilement évaluable

Les états correspondants à chaque critère sont pondérés par des poids  $P_i$  dans l'ordre décroissant.

<u>Etats</u>	<u>Poids correspondant</u>
TI	3
I	2
NI	1
F.E	1
D.E	0

Afin de pouvoir comparer les stratégies les critères doivent aussi être pondérés.

La critère est valorisé plus par son importance que par la manière dont il est évalué. D'où la pondération suivante.

<u>Critère</u>	<u>Poids correspondant</u>
Importance	2
Evaluation	1

## Tableau des caractéristiques des stratégies

Stratégie	Observations	Etats du critère 1			Etats du critère 2	
		TI	I	MI	FE	DE
- DG	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Directement lié à la disponibilité du système</li> <li>- Son évaluation nécessite une simple connaissance du système et de la structure des équipements</li> </ul>	X			X	
- Coûts : C2	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se sont des pertes que l'administration doit minimiser au maximum.</li> <li>- Difficiles à déterminer, vue la structure complexe du réseau et la structure aléatoire de la demande. Le réseau est dans une phase transitoire.</li> </ul>	X				X
- MTB F	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Illustre le degré de disponibilité de l'élément</li> <li>- Non disponible d'un bon historique de pannes</li> <li>- Les données fournisseurs peuvent être trompeuses (incomplètes ou fournies avec le minimum d'information)</li> </ul>		X		X	
- Redondance	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Faiblesse du coefficient de redondance</li> <li>- Son évaluation nécessite la connaissance de la structure interne des équipements.</li> </ul>				X	X

Le tableau précédent génère le tableau suivant :

Etats Stratégie	Critère 1			Critère 2	
	Tl	I	M.I	FE	DE
1- DG	3	0	2	2	0
2-C	3	0	0	0	1
3-MTBF	0	0	0	0	1
4- Redondance	0	1	1	2	0
Poids correspondant au critère	2			1	

### Pondération des stratégies :

on note  $x_{ij}$  : Valeur de l'état  $j$  si la stratégie  $i$  est choisie

$x_{ij} = \begin{cases} p_j & \text{si l'état } j \text{ correspondant à la stratégie } i; i = 1,4 \\ 0 & \text{Si non} \end{cases}$

$P(i)$ : Poids correspondant à la stratégie  $i$ ,  $i = \overline{1,4}$

$P(i) = \sum x_{ij} P'_k$  ;  $P'_k$ : Poids du critère  $k$ ,  $k = \overline{1,2}$

$$P(1) = x_{11} P'_1 + x_{12} P'_1 + x_{13} P'_1 + x_{14} P'_2 + x_{15} P'_2$$

$$P(1) = 3.2 + 0 \times 2 + 0 \times 2 + 0 \times 2 + 2.1 + 2.0 = 8$$

$$P(2) = 7$$

$$P(3) = 5$$

$$P(4) = 4$$

Classement : La relation d'ordre défini pour le classement est la suivante :

soient  $S$  et  $S'$  deux stratégies à comparer

$S$  surclasse  $S'$  si :  $P(S, S') > 0$

$$P(S, S') = P(S) - P(S')$$

D'où le classement suivant : DG P  $\curvearrowright$  C2  $\curvearrowright$  Re  $\curvearrowright$  MTB F

**Conclusion :** L'analyse établit sur les critères a défini le degré de la gravité de la panne comme le critère le plus prépondérant et le plus stratégique pour la classification. Cependant nous avons opté pour ce dernier.

**Remarque :**

Le degré de gravité de la panne reflète l'ensemble des coûts générés par la non disponibilité de la pièce.

**2- La classification**

Pour évaluer le degré de gravité de la panne nous avons tenu compte de la :

- Fonction de l'élément ( voir tableau, annexe 3).
- Structure interne de l'équipement (voir diagramme des équipements, annexe 4)
- Des coûts générés par la non disponibilité de la pièce.(coûts fictifs).

Trois niveaux de gravité sont définis :

*1er niveau :* Les pièces dont la panne provoque l'absence de la supervision et contrôle :

- Au niveau réseau
- au niveau équipement

Ceci se traduit par l'arrêt complet ou la perturbation de la chaîne de l'équipement.

*2ème niveau :* Regroupe les pannes affectant le niveau abonné et ne permettant pas le dialogue entre le niveau gestion et contrôle et le niveau abonné.

*3ème niveau :* Concerne les pannes mineures dérangeant un ou un petit groupe d'abonnés.

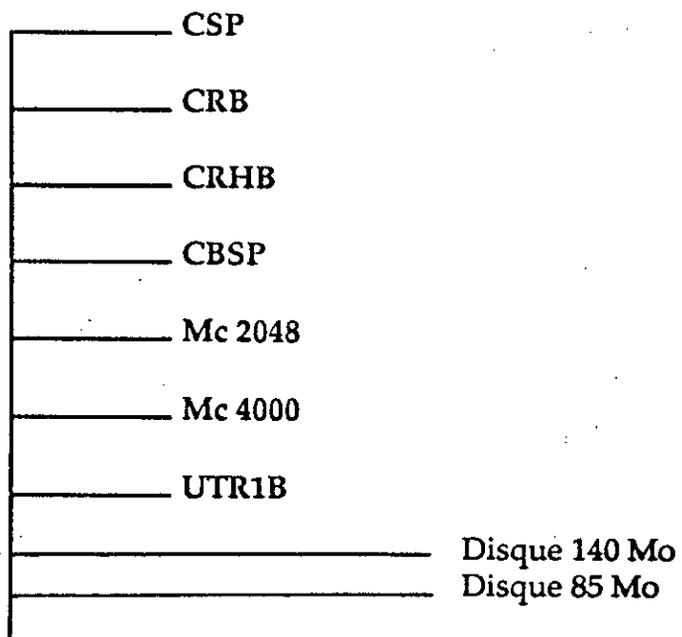
Chaque niveau est caractérisé par un degré de gravité traduisant son importance.

Niveau	Degré de gravité
Niveau 1	3
Niveau 2	2
Niveau 3	1

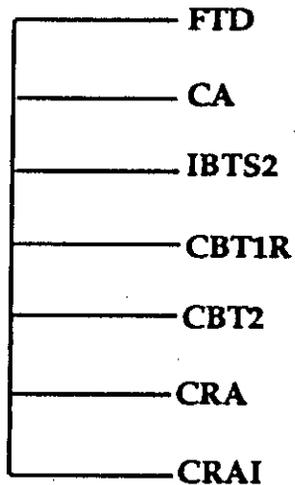
**Remarque**

Les pièces sont regroupées sur la base des ressemblances. Nous obtenons ainsi trois classes correspondante chacune à un niveau.

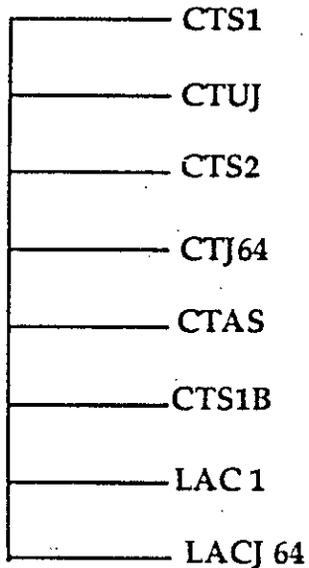
Classe 1



Classe 2



Classe 3



### **III-3- Proposition de la procédure de réapprovisionnement des pièces de rechange du réseau**

#### **III-3-1- Introduction**

La taille importante du réseau et sa complexité d'une part, la diversité et le grand nombre de pièces à gérer d'autre part, ont nécessité de se restreindre à une certaine catégorie de ces pièces.

Donc sur la base des résultats fournis par la classification nous avons limité le champ de l'étude à la première classe qui engendre les pièces les plus stratégiques.

Pour ces pièces on est censé assurer une meilleure disponibilité des stocks. Ceci se traduit par la mise en action d'un plan d'approvisionnement efficace.

### III-3-2-Etude organisationnelle du système d'approvisionnement du réseau.

Les équipements du réseau sont répartis sur les quatre régions du pays, centre, est, ouest, et sud.

Au niveau de chaque région il y a un centre de commutation de données par paquets (CCDP) ou est installé le nœud principal PSX II. Ce dernier assure la gestion et la maintenance de tous les PSXC qui lui sont rattaché. Le taux de disponibilité du réseau dépend évidemment de celui de chaque commutateur (PSX II, PSXc, PG). D'où la nécessité de diminuer les risques de dérangements et le temps d'arrêt des équipements de chacune de régions.

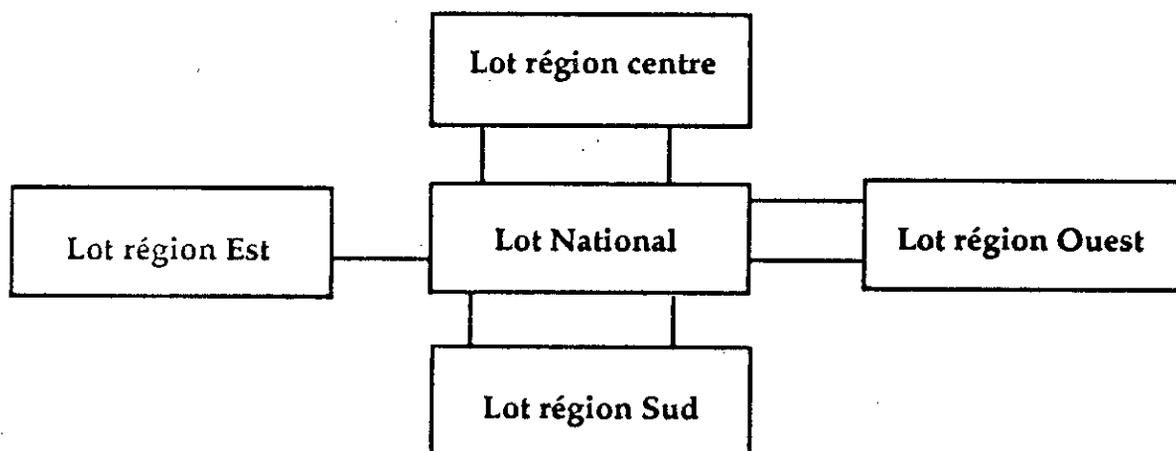
En faite la disponibilité d'un stock efficace pour l'ensemble contribue d'une manière directe à minimiser les pertes. Les besoins de chaque article géré sont liés aux pannes observées sur chaque région et sur l'ensemble du réseau ainsi qu'au comportement du délai de livraison.

Ces besoins ne sont connus qu'en probabilité et il s'agit pour la plupart des cas d'une demande qu'il faut satisfaire avec un minimum de retard.

Çeci a nécessité d'organiser la gestion des pièces autour des quatre centres qui seront contrôlés par un magasin central. Le regroupement de tous les besoins au niveau du magasin central a été choisi pour les raisons suivantes :

- la faiblesse de la demande : il s'agit de la demande pour les pièces de rechange dont la consommation est généralement faible,
- diminution des dépenses et de la répétitivité des frais,
- Nécessité d'un suivi et d'une gestion organisée du réseau.

#### Schéma récapitulatif



Les ordres d'approvisionnement sont regroupés pour constituer la commande nationale qui sera exprimée par une demande d'approvisionnement destinée au fournisseur étranger.

### 3-2-1-Présentation du système

Le système sur lequel est basée toute la gestion des stocks des pièces est constitué de quatre pôles ayant chacun un rôle déterminant.

**Le fournisseur :** C'est la source directe d'approvisionnement. Son rôle est la satisfaction de la demande globale exprimée par le magasin central.

**Le Magasin central :** Cette partie peut être assimilée à un grand réservoir regroupant tous les besoins de différentes régions. Son rôle est la régularisation des flux d'entrées fournisseur et les flux de sortie vers les magasins régionaux.

**Le magasin régional :** C'est le petit réservoir qui doit alimenter la région chaque fois qu'une panne d'un article quelconque survient.

**La zone d'activité :** représentée par l'ensemble des pièces et des équipements

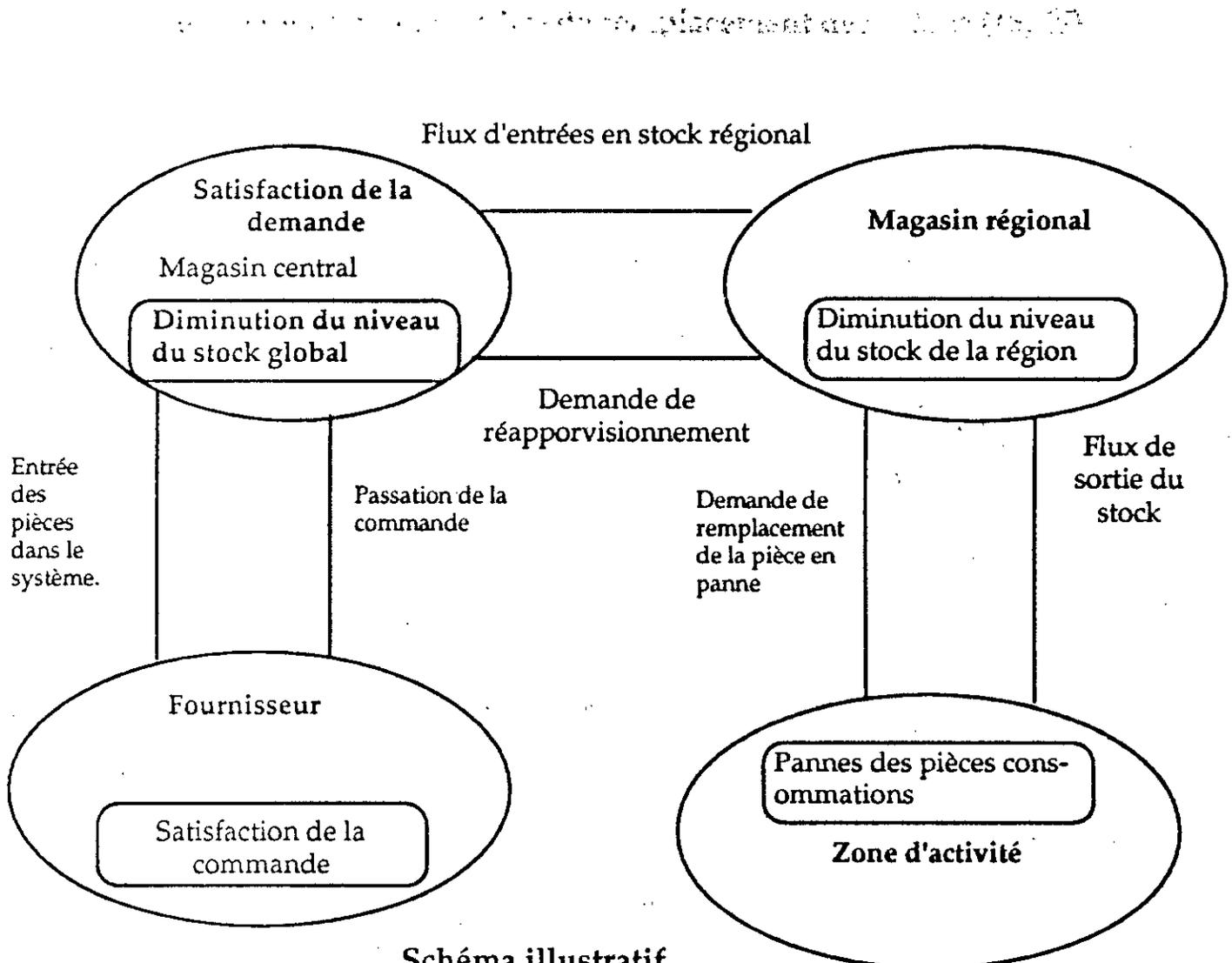


Schéma illustratif

### 3-2-2 Analyse du mode d'approvisionnement et de la répartition actuels du lot de rechange du réseau.

A l'heure actuelle nous ne pouvons pas parler d'une procédure organisée d'approvisionnement pour la pièce de rechange du réseau.

Le lot de rechange est défini et contrôlé par le fournisseur en raison de la dépendance actuelle vis à vis de ce dernier (réseau à un stade embryonnaire)

De même on constate que la politique d'approvisionnement adoptée par le fournisseur est non justifiable.

Le mode d'approvisionnement échappe ainsi au gestionnaire du stock du réseau qui prend en charge la détermination de l'état du stock de rechange et la répartition de ce dernier sur les sites constitutifs du réseau (voir : tableau 1).

La répartition du lot de rechange se fait d'une manière intuitive ou basée uniquement sur les constatations et l'expérience du gestionnaire ( voir : tableau 2)

Tout ceci justifie la nécessité de mise en place d'une gestion scientifique des stocks, d'où une politique d'approvisionnement adéquate.

**Tableau 1 : Etat du lot de rechange (inventaire)**

Pièce	Nombre de pièces par région				Lot cours d'expédition	Total
	Alger	Constantine	Oran	Ouargla		
CSP	1	-	-	2	2	5
CBSP	1	-	-	1	3	5
CRB	2	-	-	-	-	2
CRHP	2	-	-	-	-	2
MC2048	21	-	-	6	-	27
UTR1B	3	-	-	1	-	5
DISQUE 140	-	1	1	1	2	4

**Tableau 2 : Répartition actuelle du lot de rechange**

Pièce	Nombre de pièces par région				Total
	Alger	Constantine	Oran	Ouargla	
Csp	3	2	1	1	7
Crb	1	1	-	-	2
Crhb	1	1	-	-	2
Mc2048	27	-	-	-	27
Mc4000	2	2	1	1	6
Cbsp	2	1	1	1	5
Disque 140	2	1	1	1	5
Disque 85	1	1	1	1	4
	1	1	1	1	4

### 3-2-3- Stratégie proposée pour la gestion des stocks des pièces du réseau

Pour conférer :

- Un mode d'approvisionnement et un suivi rigoureux du stock de l'ensemble du réseau,
- une répartition adéquate et organisée du lot de rechange sur les régions.

Nous proposons la détermination

- d'une stratégie de régularisation des flux (entrées, sorties) au niveau régional,
- d'une stratégie d'approvisionnement au niveau central.
- Nous abordons ainsi, sous les hypothèses suivantes, l'étude de régularisation du stock régional complétée par celle du stock national.

#### Hypothèses

- Pour un type de pièce donné, il existe un nombre d'exemplaires dans le système.

Soient :

n : Le nombre total

nk : Le nombre régional

k : nombre de région k : 1,4

- Pour un même type de pièce, les événements des pannes des pièces sont indépendants;

- lorsqu'une panne survient, le coût et le temps de réparation de la pièce sont négligeables;
- en cas de pénurie, on définit un coût de pénurie par unité de temps, noté  $C_p$ ;
- on lance une commande de quantité  $S$  dès que le stock atteint le niveau  $s$  appelé stock d'alerte.

Soient

$S(i)$  commande national de la pièce type  $i$

$S_k(i)$  commande régional de la pièce type  $i$

$s_a(i)$  stock d'alerte national

$s_{ak}(i)$  stock d'alerte régional

- Le délai de livraison moyen est supposé constant pour les magasins (central et régional) soient.

$d$  : délai de livraison pour le stock national

$d_k$  : délai de livraison pour le stock régional

- Le coût d'approvisionnement représente le frais administratifs et les frais de transport, soient

$C_a$  : Coût d'approvisionnement national

$C_{ak}$  : Coût d'approvisionnement régional

- Le coût de stockage est proportionnel au temps de stockage

$C_s$  : Coût de stockage national

$C_{sk}$  : Coût de stockage régional

### a- Détermination de la loi de remplacement des pièces (17)

Les pièces sont de type électronique travaillant la fatigue, donc le remplacement s'effectue après panne.

Pour ce type de pièces la durée de vie  $t$  est distribuée selon une loi exponentielle de taux de panne constant.

$$\lambda_i(t) = \lambda = c^{ste}$$

$$t_i \rightsquigarrow \varphi(t_i) = \lambda_i \exp(-\lambda_i t_i)$$

La durée de vie moyenne de la pièce est inversement proportionnelle à  $\lambda$  :

$$E(T) = \frac{1}{\lambda}$$

La fiabilité est

$$R(t) = \exp\left(-\int \lambda(t) dt\right) = \exp(-\lambda t)$$

## b - Evaluation du nombre de remplacement des pièces (17, 18)

Le taux de remplacement correspond au taux de panne de chaque pièce. Ce dernier peut être déterminé à partir :

- De l'expression de la fiabilité

$$\begin{aligned} \text{Sachant que } R(t) &= \exp(-\lambda_i t) \\ \text{Log } R(t) &= \text{Log } \exp(-\lambda_i t) \\ \text{d'où} \end{aligned}$$

$$\lambda_i = -\text{Log } R(t) / t$$

- de la durée de vie moyenne

$$\text{sachant que } E(T) = \frac{1}{\lambda_i}$$

$$\lambda_i = \frac{1}{E(T)}$$

Le nombre de remplacements  $N_i(t)$  d'une pièce de type  $i$  sur l'intervalle  $(0, t)$  sera donc :

$$N_i(t) = \frac{t}{E(T)} = \lambda_i \cdot t$$

### Remarques :

1- Le nombre de pannes d'un équipement ayant un risque de panne constant est distribuée selon une loi de Poisson.

$$N_{i,t} \rightsquigarrow P_{\lambda t}$$

$$P(N_{i,t} = k) = \exp(-\lambda_i t) \cdot (\lambda_i t)^k / k! , \quad k: \text{nombre de pannes}$$

2- la moyenne de remplacement de l'équipement

$$\begin{aligned} H_i(t) &= N_i(t) + \sum_{k=0}^{\infty} P_k(t) \\ H_i(t) &= \lambda_i t = N_i(t) \end{aligned}$$

3- Lorsqu'on a  $n$  exemplaires d'un équipement en exploitation dans un système, la probabilité pour qu'on ait  $k$  pannes sur l'intervalle  $(0, t)$  est :

$$P(N_i(t) = k) = (n\lambda t)^k \exp(-n\lambda t) / k!$$

Avec  $n\lambda$  : taux de défaillance des équipements

### III - 3-3- Modèle d'approvisionnement

#### 3-3-1- Modèle d'approvisionnement pour le stock régional

Le magasin régional doit disposer de la quantité nécessaire pour couvrir la période de gestion relative à chaque type de pièce, sous les hypothèses suivantes :

- Le rythme de sorties du magasin échappe aux décisions du service de stockage. Il dépend de la consommation dont l'aspect est aléatoire.

- La consommation moyenne de la pièce  $i$  dépend du nombre de pièces fonctionnelles ainsi que du taux de remplacement

- Le délai de livraison à partir du magasin central est approximativement égal à 2 jours.

- Le coût d'approvisionnement par commande est la somme de deux coûts, le coût de lancement  $C_l$  est le coût de transport  $C_t$ .

- Comme le coût de lancement est négligeable, le coût d'approvisionnement est fonction du coût de transport uniquement  $C_a = C_t$ .

#### a - Détermination de la période de gestion régionale commune

L'organisation de la gestion des stocks de ces pièces nécessite la détermination d'une période de gestion commune. Pour se faire nous avons opté pour les deux méthodes suivantes :

##### a - 1- Détermination du minimum des périodes des pièces :

La stratégie consiste à déterminer la période optimale par pièce et d'opter par la suite pour une période commune à toutes les pièces.

##### a-1-1- Détermination de la période de gestion optimale par pièce

Pour la catégorie de pièces qu'on a retenu pour l'étude, la période de gestion optimale est celle qui ne tient pas compte de la pénurie. Donc le coût de pénurie n'est pas incluse dans la détermination du coût total de gestion et la situation de pénurie peut être évitée par la détermination d'un stock de sécurité.

Le coût total d'une commande et alors :

$$CT(i) = CAK(i) + \frac{1}{2} (SK \cdot SK(i) \cdot TK(i))$$
$$SK(i) = n_k \cdot \lambda(i) \cdot TK(i)$$

$SK(i)$  Consommation moyenne des pièces

de type  $i$  de la région  $k$  ;  $n_k$  : nombre de pièces par région.

Le coût par unité de temps est :

$$C(i) = CAK(i) / T_i + \frac{1}{2} CSK \cdot n_k \cdot \lambda(i) \cdot TK(i)$$

En dérivant le coût par rapport à  $T_i$  et en égalisant la dérivé à 0, on a :

$$TK(i) = \sqrt{\frac{2 \cdot CAK(i)}{CSK \cdot n_k \cdot \lambda(i)}}$$

### a-1-2- Détermination de la période de gestion commune à l'ensemble de toutes les pièces.

La période de gestion pour l'ensemble des pièces est choisi de manière à minimiser le risque de rupture du stock de chaque groupe de pièces d'un type donné ainsi que le coût de gestion.

Nous opterons ainsi pour une période  $T_k$  minimale

$$T_k = \min(T_k(i))$$

$T_k(i)$  : Période de gestion des pièces de type  $i$  de la région  $k$

### a-2-- Détermination de la période de gestion par le modèle des commandes groupées (voir 12)

La période de gestion régionale est :

$$T_k = \sqrt{\frac{2 \sum C_{AK}(i)}{\sum C_{SK}(i) \cdot \sum n_{K}(i) \cdot \lambda(i)}}$$

avec

$$\sum C_{AK}(i) = n C_{AK}$$

$$\sum C_{SK}(i) = n C_{SK}$$

D'où

$$T_k = \sqrt{\frac{2 C_{AK}}{C_{SK} \cdot \sum_i n_{K}(i) \cdot \lambda(i)}}$$

## b- Evaluation de la quantité de commande sur la période de gestion $T_k$ .

La quantité de commande sur la période de gestion  $T_k$  correspondra à la consommation moyenne sur cette période. D'où

$$S_k(i) = n_k \cdot \lambda(i) \cdot T_k ,$$

$n_k$ : nombre d'exemplaires de la pièce  $i$  sur la région.

## C- Choix d'un stock de sécurité

Le délai de livraison pour le stock régional étant négligeable. Néanmoins il y a nécessité de disposer d'un stock de sécurité qui couvre la défaillance susceptible de survenir sur la période de gestion  $T_k$

$$S_k(i) = \sqrt{S'_k(i)}$$

$S_k(i)$  Estimation de la demande durant le délai de livraison.

$$S'_k(i) = n_k \cdot \lambda(i) \cdot d_k$$

## 3-3-2 Modèle d'approvisionnement pour le stock central.

Le magasin central s'approvisionne auprès du fournisseur étranger pour satisfaire les besoins de toutes les régions.

Afin d'éviter la répétition des frais de commande et pour les raisons citées (voir étude organisationnelle du système d'approvisionnement) nous proposons de grouper les achats.

L'approvisionnement se fait sous les hypothèses suivantes :

- Le délai de livraison national  $d$  est supposé constant. Il est égal en moyenne à 4 mois

- La période de gestion est notée  $\tau$

Elle est déterminée telle que  $\tau \geq \text{Max}(T_k)$

- Il y a nécessité de déterminer un stock de sécurité global  $s(i)$  pour chaque type de pièce qui tient compte de la possibilité de défaillance sur le délai de livraison.

- Les différents coûts de gestion sont :

Le coût d'approvisionnement  $CA$ .

Le coût de stockage  $C_s$  est commun à toutes les pièces

Le coût de pénurie  $C_p$  : dépend de la classe de la pièce.

Le problème au niveau du magasin central consiste à déterminer

- La période de gestion globale  $\tau$  commune à toutes les pièces.
- La quantité de commande globale pour chaque pièce
- Le stock de sécurité sur le délai de livraison  $s(i)$

## a- Détermination de la période de gestion globale commune

### a-1- Détermination des minimum des périodes

#### a-1-1- Détermination de la période de gestion globale par pièce.

La période de gestion globale par pièce choisie est celle qui minimise le coût de gestion d'une commande d'une pièce donnée.

$$CT(i) = CA(i) + \frac{1}{2} \frac{CS(i) \cdot SG(i)}{\tau(i)}$$

$SG(i)$  : Commande globale des pièces  $i$  .

$$SG(i) = \sum_{k=1}^4 SGK(i)$$

$SGK(i)$  : Commande globale régionale, où :

$$SGK(i) = nK(i) \cdot \lambda(i) \cdot \tau(i)$$

$$SG(i) = n(i) \cdot \lambda(i) \cdot \tau(i)$$

$\tau(i)$  est celui qui minimise  $CT(i)$

D'où :

$$\tau(i) = \sqrt{\frac{2 CA(i)}{CS(i) \cdot \lambda(i) \cdot n(i)}}$$

### a-1-2-Détermination de la période de gestion globale commune à toutes les pièces

De la même façon, nous opterons pour la période qui minimisera les risques de rupture de stock ainsi que les coûts de gestion.

D'où

$$\tau = \min (\tau(i))$$

### a-2- Détermination de la période de gestion globale par le modèle des commandes groupées

La période de gestion globale est :

$$\tau = \sqrt{\frac{2 \sum CA(i)}{\sum CS(i) \cdot \sum n(i) \cdot \lambda(i)}}$$

avec

$$\sum CS(i) = n \cdot CS$$

D'où

$$\tau = \sqrt{\frac{2 \sum CA(i)}{n CS \cdot \sum_i n(i) \cdot \lambda(i)}}$$

### b - Détermination du stock de sécurité

Le stock de sécurité est déterminé tel que :

$$s(i) = SA(i) - D(i)$$

SA (i) : Stock d'alerte

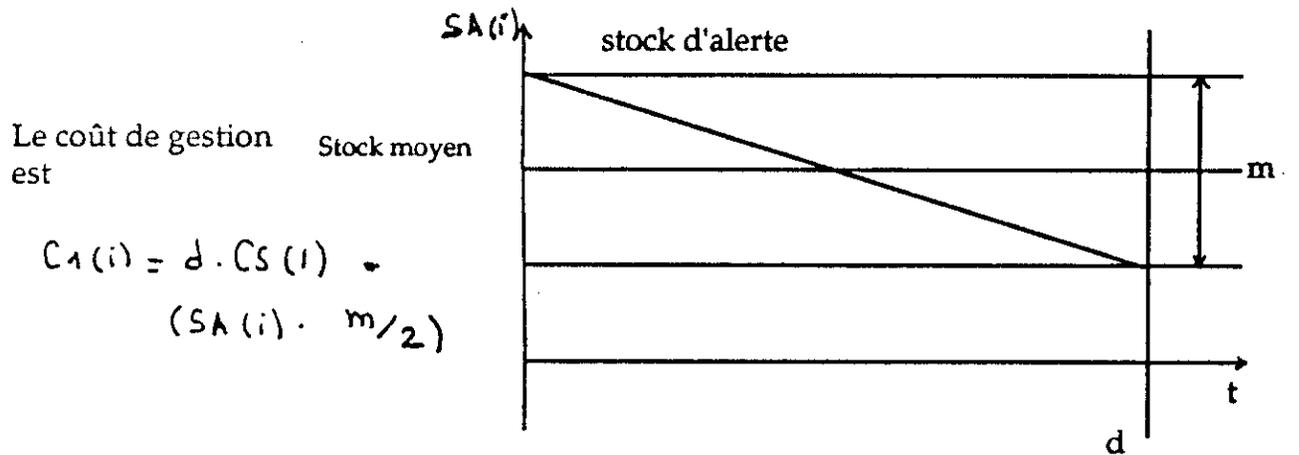
D (i) : demande durant le délai de livraison

$$D(i) = n(i) \cdot \lambda(i) \cdot d$$

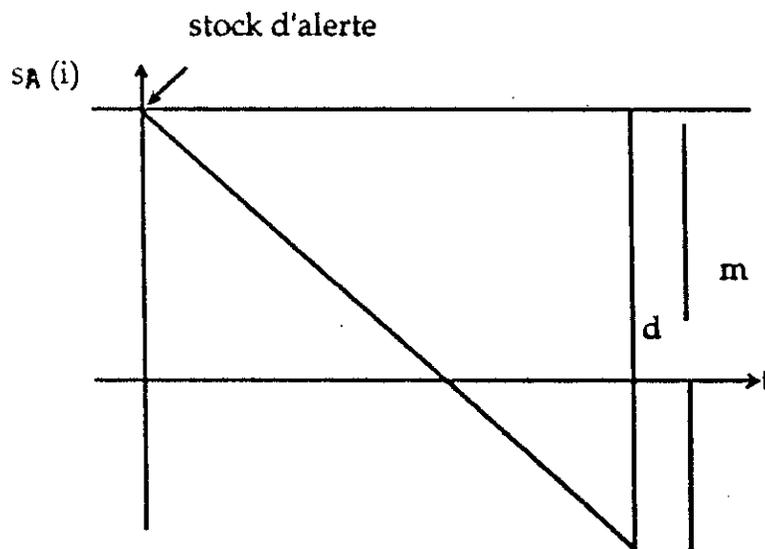
## Détermination du stock d'alerte (18)

Vers la fin du délai de livraison, deux situations peuvent se présenter :

Cas où le nombre de pannes est inférieur au stock d'alerte



Cas où le nombre de pannes est supérieur au stock d'alerte



$$C_2(i) = C_5(i) d \frac{S_A^2}{m} + C_p(i) d \frac{1}{2} (m - S_A(i))^2 / m .$$

L'espérance mathématique du coût de gestion est :

$$C(i) = C_5(i) \cdot d \sum_{m=0}^{S_A(i)} (S_A(i) - m/2) P(m) + C_5(i) \cdot d \cdot \sum_{m=S_A(i)}^{\infty} \frac{1}{2} \frac{S_A(i)^2}{m} \cdot P(m) \\ + C_p(i) d \sum_{m=S_A(i)+1}^{\infty} \frac{1}{2} (m - S_A(i))^2 P(m) / m .$$

Le  $S_A(i)$  choisit est celui qui minimise le coût, tel que :

$$L(S_A) = \sum_{m=0}^{S_A} P(m) + \left( \psi + \frac{1}{2} \right) \cdot \sum_{m=S_A+1}^{\infty} P(m) / m .$$

$\psi$  : taux de pénurie

$$\text{avec } L(S_A - 1) < \psi < L(S_A)$$

où  $P(m)$  : Probabilité qu'il y ait  $m$  pannes des pièces de type  $i$  durant  $d$

$$P(i, m) = (n(i) \cdot \lambda(i) \cdot d)^m \exp(-n(i) \cdot \lambda(i) \cdot d) / m!$$

Le niveau du stock national sera :

$$S'_G(i) = S_G(i) + S_A(i)$$

$$\text{où } S_G(i) = n(i) \cdot \lambda(i) \cdot \tau .$$

(Quantité à commander lorsque le stock atteint le niveau  $S_A(i)$ )

Schéma illustrant la gestion au niveau central

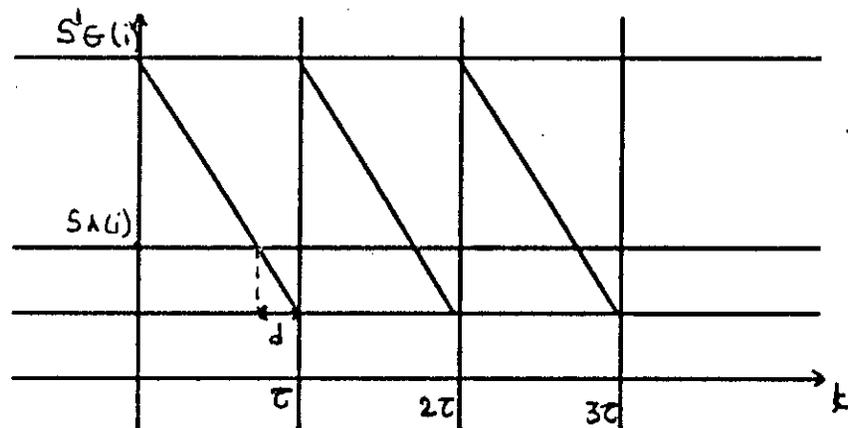
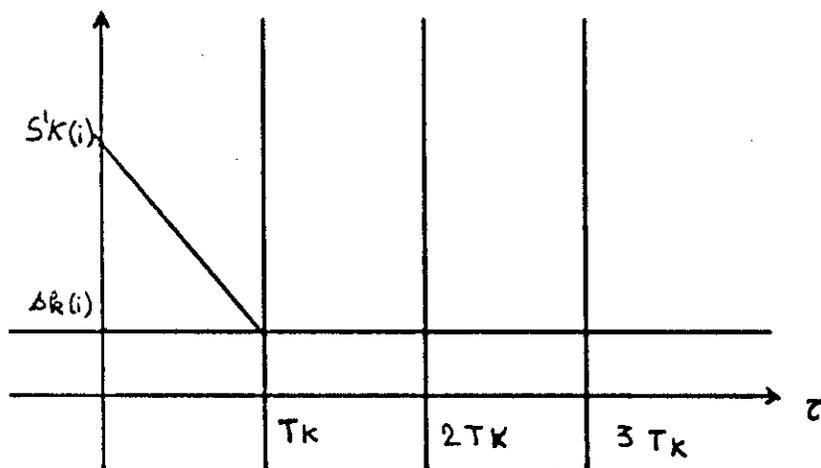


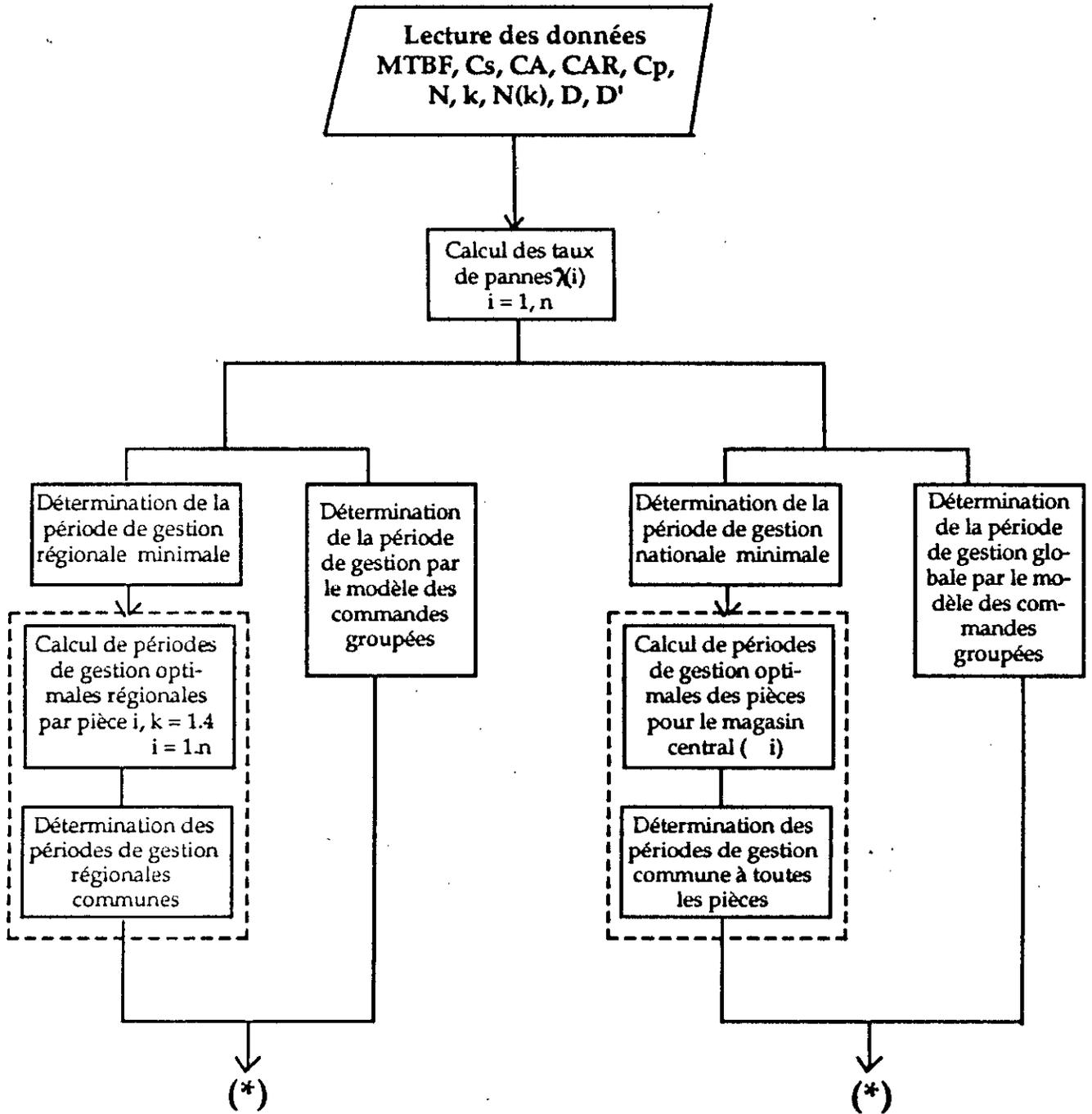
Schéma illustrant la gestion au niveau régional sur la période  $\tau$

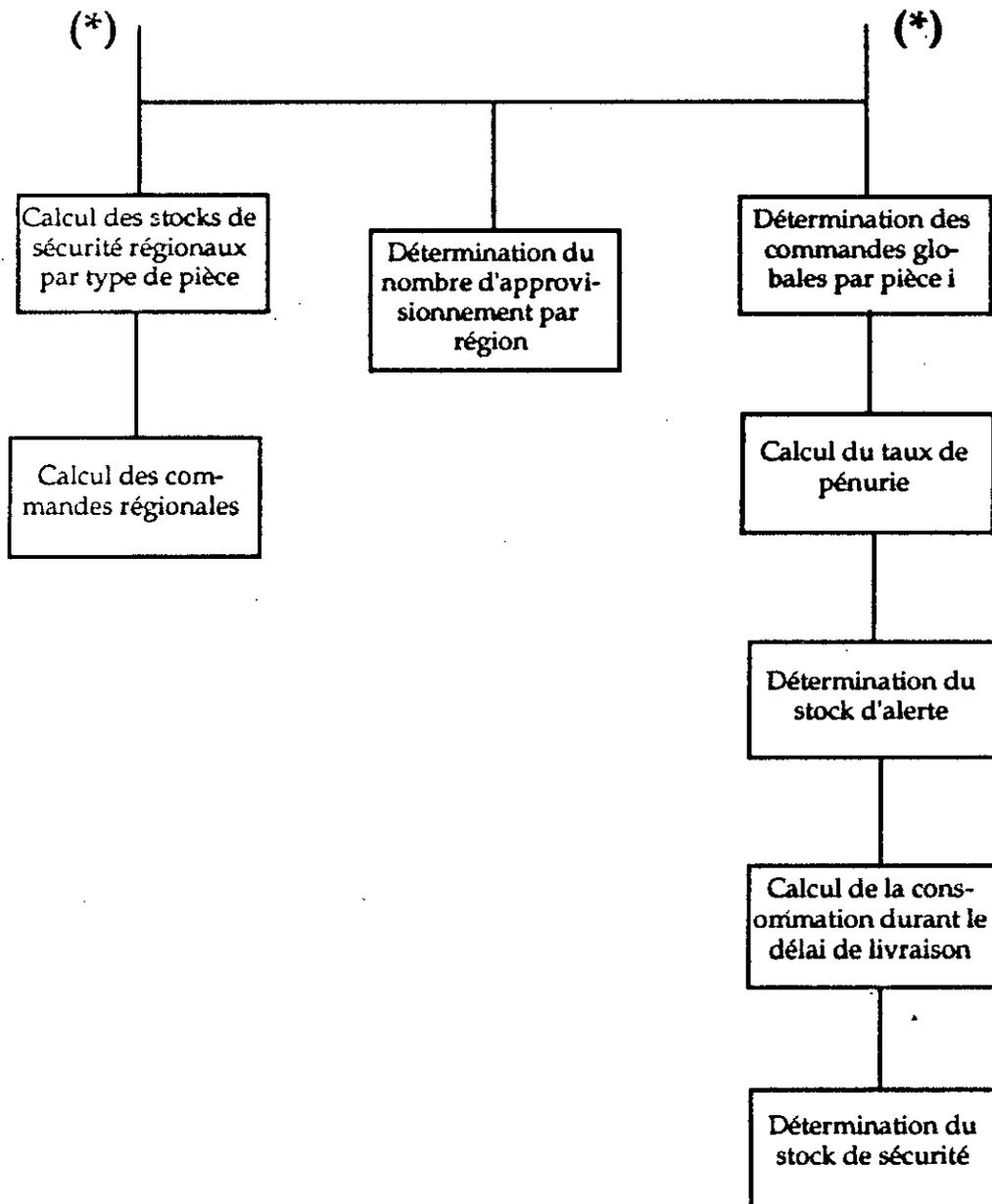


$$S'_K(i) = S_K(i) + \Delta_R(i)$$

# II. C. Organigramme général de résolution et procédures de traitement

## 1 - Organigramme général de résolution





## 2 - Procédures de traitement

### Procédure de lecture des données

```
[ Faire lire d ,  
  lire d' ,  
  lire N ,  
  lire Cs ,  
  lire C's ,  
  lire CA ,  
  lire CP ,  
  Fin faire
```

Pour j de 1 à 4

```
[ Faire lire CAR (j) ,  
  Fin faire
```

Pour j de 1 à 4 ;

```
[ Faire pour i de 1 à N  
  [ faire lire N (j, i) ;  
    fin faire ;  
  fin faire
```

### Stock régional

### Procédure de calcul des périodes optimales régionales par pièce i

```
Pour j de 1 à 4 ,  
[ faire pour i de 1 à N ,  
  [ faire  $T(j, i) = 2 * CAR(j) / C * LAMBDA(i) * N(j, i) / 2$   
    fin faire  
    écrire T (j, i)  
  fin faire
```

### Procédure de détermination de la période régionale commune (minimale) ;

```
Pour j de 1 à 4
┌ faire pour i de 1 à N
│   i = 1
│   T (j) = T (j, i) ;
│   Si T (j, i) < T(j) alors
│     T* (j) = T (j, i)
│     i = i + 1 ;
│     écrire T* (j)
└ fin faire
```

### Procédure de détermination de la période de gestion régionale par le modèle des commandes groupées

```
SoM1 = 0
Pour i de 1 à N
┌ faire SoM1 = SoM1 + LAMBDA (i)* N (j, i) ;
└ fin faire
```

```
Pour j de 1 à 4
┌ faire T* (j) = (2* CAR (j) / CSR* SOM) 1/2 ;
│   écrire T* (j) ;
└ fin faire ;
```

### Procédure de détermination des commandes régionales

```
Pour j de 1 à 4
┌ faire de i de 1 à N
│   ┌ faire C (j, i) = N (j, i)* LAMBDA (I)* T* (j) ;
│   │   écrire C (j, i) ;
│   └ fin faire ;
└ fin faire ;
```

## Procédure de détermination du stock de sécurité

```
Pour j de 1 à 4
┌ faire pour i de 1 à N
│   ┌ faire  $S(j, i) = (N(j, i) * LAMBDA(i) * d) / 2$ ;
│   │ fin faire
│   └ fin faire
└ fin faire
```

## Stock national

### Procédure de détermination du nombre total des pièces i ;

```
Pour i de 1 à N
┌ faire N = 0
│   Pour j de 1 à 4
│   ┌ faire  $N = N + N(j, i)$ 
│   │ écrire N
│   └ fin faire
└ fin faire
```

### Procédure de détermination de la période de gestion optimale globale par pièce i

```
Pour i de 1 à N
┌ faire  $T(i) = (2 * CA / Cs * LAMBDA * N) / 2$ 
│   écrire (i)
└ fin faire
```

### Procédure de détermination de la période de gestion globale commune (minimale)

```
Pour i de 1 à N,  
  faire i = 1  
     $\tau^* = \tau(i)$ ;  
  i = i + 1;  
  Si  $\tau(i) < \tau^*$  alors  
     $\tau^* = \tau(i)$ ;  
  écrire  $\tau^*$ ;  
fin faire ;
```

### Procédure de détermination de la période de gestion par le modèle des commandes groupées

```
SoM2 = 0  
Pour i de 1 à N ;  
  faire SoM2 = SoM2 + LAMBDA * N ;  
fin faire ;  
  
Faire  $\tau^* = (2 * CA * Cs * SoM2)^{1/2}$  ;  
écrire  $\tau^*$  ;  
fin faire ;
```

### Procédure de détermination de la commande globale

```
Pour j de 1 à 4 ;  
  faire pour i de 1 à N  
    faire SG(j, i) = N(j, i) * LAMBDA(i) *  $\tau^*$   
  fin faire  
fin faire
```

```

    Pour i de 1 à N ;
  [ faire SG (i) = 0 ;
    pour j de 1 à 4 ;
      [ faire SG (i) = SG (i) + SG (j, i) ;
        écrire SG (i) ;
      fin faire ;
    fin faire ;
  ]

```

### Procédure de calcul du factoriel ;

```

    Fonction FACT (m)
    FA = 1
    pour i de 1 à m
  [ faire FA = FA * i
    fin faire
  ]

```

### Procédure de calcul de P (m) ;

```

  [ Fonction P (m, n, LAMBDA, d, f) ;
    CALL FACT (m, FA) ;
    F = exp (m* Ln (n* LAMBDA* d)
    * exp (-n LAMBDA* d) / FA ;
  fin function ;
  ]

```

### Procédure de calcul de PHI (taux de pénurie)

```

    Pour i de 1 à N
  [ faire PHI (i) = Cp / Cp + Cs (i) ;
    fin faire
  ]

```

## Procédure de calcul de Ls (i)

Procédure L (s) ;

$L(s) = L1(s) + L2(s)$

fin procédure

Function L1 (s) ;

$L1(s) = 0$

Pour k de 0 à s

faire

$Ls = Ls + P(k)$  ;

fin faire

$L1(s) = Ls$

fin function

Function L2 (s) ;

$Ls = 0$

Pour k de s + 1 à m max

faire  $Ls = Ls + P(k) / k$

fin faire

$Ls = (s + 1/2) * Ls$  ;

$L2(s) = Ls$  ;

fin function

## Procédure de détermination du stock d'alerte

Pour j de 1 à N

faire I = 1

tant que  $L(I) \leq PHI(j)$

faire I = I + 1

CALL L (I)

fin faire

Si  $L(I) > PHI(j)$

alors  $SA(j) = L(I)$

fin Si

fin faire

### Procédure de l'estimation de la demande durant le délai de livraison

Pour i de 1 à N  
[ faire  $D(i) = N(i) * LAMBDA(i) * d'$  ;  
fin faire

### Procédure de calcul du stock de sécurité

Pour i de 1 à N  
[ faire  
     $s(i) = SA(i) - D(i)$  ;  
fin faire ;

*Chapitre*

**4**<sup>e</sup>

# Quatrième chapitre

## Application, conclusion et suggestions

### IV - 1- Application

#### IV - 1-1- Collecte des données

##### 1-1-1- Les MTBF

Les consommations sont établies à partir des taux moyens de remplacement de la pièce. Ce dernier est calculé à partir des MTBF.

Les MTBF ont été fournies par l'administration d'où le tableau suivant :

Désignation de la pièce	MTBF en heures	MTBF en an
CSP	6060	1.45
CRB	7280	1.2
CRHP	6400	1.37
CBSP	6440	1.36
MC 2048	7220	1.21
MC 4000	8407	1.042
UTR 1B	7000	1.25
Dis q 140 Mo	33 300	0.26
Dis q 85 M	34 000	0.25

##### 1-1-2- Nombre de pièces

Le tableau suivant regroupe les données sur le nombre de pièces

Désignation de la pièce	Nombre de pièce par région			
	Alger	Oran	Constantine	Ouargla
CSP	16	8	7	3
CRB	18	10	9	5
CRHB	18	10	9	5
CBSP	18	10	9	5
MC 2048	18	10	9	5
MC 4000	36	24	22	14
UTR 1B	26	14	13	9
Dis q 140 Mo	4	2	2	2
Dis q 85 M	14	8	7	3

### 1-1-3- Les délais de livraison

- Le délai de livraison régional dépend de la distance de chaque région par rapport au magasin central

d1 (Alger) = 4 heures =  $4.56 \cdot 10^{-4}$  ans

d2 (Oran) = 48 heures =  $5.47 \cdot 10^{-3}$  ans

d3 (Constantine) = 48 heures =  $5.47 \cdot 10^{-3}$  ans

d4 (Ourgla) = 72 heures =  $8.22 \cdot 10^{-3}$  ans.

- Le délai de livraison national est en moyenne égale à quatre mois

d = 4 mois = 0.33 ans

## IV 1-2- Estimation des coûts

### Coût d'approvisionnement régional

Le coût d'approvisionnement régional dépend essentiellement du coût de transport étant donné que les autres coûts tels que : frais d'éécriture de la commande, les appels téléphoniques etc. sont négligeables.

Il est fonction de la quantité d'énergie (essence) consommée qui dépend de la distance.

Régions	Alger	Oran	Constantine	Ouargla
Distance par rapport au magasin central (km)	92	425	459	2000
Coût d'approvisionnement régional (DA/an)	40	450	470	800

Consommation moyenne d'essence = 12l/100 km

Prix unitaire d'essence PU = 8.5 DA/l

### Coût d'approvisionnement central

Le coût d'approvisionnement national inclut les frais de transport, les taxations, les frais douaniers.

Les frais douaniers sont estimés à 15% du prix de la pièce  $F_d = 15\% PV$

Les frais de transport sont fonctions du poids de la pièce et du taux unitaire de transport,  $CUT = 400 DA$

Désignation de la pièce	Prix DA	Poids (kg)	Frais transport	Frais Douaniers (DA)	Coût d'approvisionnement
CSP	42 000	5	2000	6300	8300
CRB	42 000	2	800	6300	7500
CRHB	56 000	2	800	8400	9200
CBSB	65 400	3	1200	9810	10 610
MC 2048	84 000	3	1200	12 600	13 800
MC 4000	84 000	3	1200	12 600	13 800
UTR 1B	68 000	3	1200	10 200	11 400
Dis q 140 Mo	112 560	8	3200	16 884	20 084
Dis q 85 M	112 560	8	3200	16 884	20 084

Le coût d'approvisionnement de la pièce  $i$  :  $CAP(i) = 15\% pr(i) + CUT \cdot \text{poids}(i)$

### Les coûts de stockage

Le coût de stockage est le même pour toutes les pièces, dans les deux magasins (central et régional).

Il inclut les frais d'emmagasinement spécial des pièces, les frais de gardiennage, de climatisation.

Pour son estimation nous avons tenu compte essentiellement de la consommation d'énergie électrique, de la rémunération du personnel fonctionnant dans le magasin (en moyenne de 8000 DA/mois).

D'où  $C_s = 30 DA/an$

### Le coût de pénurie

Il exprime les pertes engendrées par l'absence de la pièce du magasin.

Ce coût est très difficile à estimer.

Cependant nous pouvons l'exprimer à partir du taux de pénurie, tel que :

Le coût de pénurie associé à ces pièces est très important et est difficile à estimer. Nous avons pu l'exprimer en tenant compte du nombre de paquets maximum pouvant être transmis par seconde.

Nombre de paquets max = 3500 paquets/s = 126. 10 5 paquets /h. Sachant que : 1 kilosegment = 1 000 paquets,

1 kilosegment vaut 13 DA,

D'où :  $C_p = 1638 DA/h$

## IV 1-3- Les résultats

Les résultats sont regroupés dans les tableaux ci-après :

### 1-3-1- Résultats par région

#### Région d'Alger

Désignation de la pièce	CSP	CRB	CRHP	CBSP	MC 2048	MC 4000	UTR 1B	Dis 1491	Dis 85 M
Période de gestion optimale par pièce (moins)	5.81	6	5.63	5.66	9	4.57	4.91	62.76	14.96
Période de gestion commune minimale T (1)					$T_1 = 4.57 \text{ mois} = 0.38 \text{ ans}$				
Période de gestion commune par le modèle commandes groupées T (2)					$T_2 = 2.1 \text{ mois} = 0.18 \text{ ans}$				
Quantité à commander sur T (1)	8.83	8.20	9.37	9.30	3.67	14.22	12.35	0.4	1.33
Quantité à commander sur T (2)	4.17	3.9	4.44	4.41	1.74	6.74	5.85	0.2	0.63
Stock de sécurité	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

## Région d'Oran

Désignation de la pièce	CSP	CRB	CRHI	CBSP	MC 2048	MC 4000	UTR 1B	Dis 1491	Dis 85 M
Période de gestion optimale par pièce (moins)	19.49	33.99	18.90	18.97	-	18.79	22.44	130.17	66.38
Période de gestion commune minimale T (1)					T <sub>1</sub> = 18.79 mois = 1,57 ans				
Période de gestion commune par le modèle commandes groupées T (2)	18.16	18.94	21.51	21.35					
					T <sub>2</sub> = 9.59 mois = 0,8 ans				
	18.16	18.94	21.51	21.35	-	38.43	27.47	0.82	3.14
Quantité à commander sur T (1)	18.16	18.94	21.51	21.35	-	38.43	27.47	0.82	3.14
Quantité à commander sur T (2)	9.28	9.6	10.96	10.9	-	19.97	14	0.42	1.6
Stock de sécurité	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.5	0.00	0.00

## Région de Constantine

Désignation de la pièce	CSP	CRB	CRHP	CBSP	MC 2048	MC 4000	UTR 1B	Dis 1491	Dis 85 M
Période de gestion optimale par pièce (moins)	30	29	27.32	27.42	-	20.06	23.79	133	72.52
Période de gestion commune minimale T (1)				$T_1 = 20$	mois		$= 1.67$	ans	
Période de gestion commune par le modèle commandes groupées T (2)				$T_2 = 10.49$	mois		$= 0.86$	ans	
Quantité à commander sur T (1)	16.95	18	18	20.59	-	38.20	27.14	0.87	2.9
Quantité à commander sur T (2)	8.73	9.3	10.6	10.53	-	19.68	13.98	0.45	1.5
Stock de sécurité	0.00	0.00	0.00	0.00	-	1.00	0.00	0.00	0.00

## Région de Ouargla

Désignation de la pièce	CSP	CRB	CRH	CBSP	MC 2048	MC 4000	UTR 1B	Dis 1491	Dis 85 M
Période de gestion optimale par pièce (moins)	<del>44.70</del>	<del>37.49</del>	<del>39.18</del>	<del>42.22</del>	<del>44.98</del>	<del>36.42</del>	<del>37.58</del>	<del>272.3</del>	<del>155.24</del>
	60	51.9	47.22	48	-	32.80	37.32	173.57	144.5
Période de gestion commune minimale T (1)					$T_1 = 32.80 \text{ mois} = 2.73 \text{ ans}$				
Période de gestion commune par le modèle commandes groupées T (2)					$T_2 = 17.51 \text{ mois} = 1.46 \text{ ans}$				
Quantité à commander sur T (1)	11.87	37.26	18.7	18.56	-	39.74	30.71	1.42	2
Quantité à commander sur T (2)	635	8.76	10	9.93	-	21.26	16.43	0.76	1.1
Stock de sécurité	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00

### 1. 3. 2. Résultats au niveau national

Désignation de la pièce	CSP	CRB	CRHF	CBSP	MC 2048	MC 4000	UTR 1B	Dis 1491	Dis 85 M
Période de gestion optimale par pièce (moins)	40.20	37.78	39.18	42.22	116.98	36.42	37.58	272.3	155.24
Période de gestion commune minimale (1)					$\tau_1 = 36.42$				
Période de gestion des commandes groupées (2)					$\tau_2 = 17.24$				
Quantité globale à commander sur (1)	147.9	171.2	172.62	171.36	29.04	299.52	232.5	7.8	24
Quantité globale à commander sur (2)	70.99	72.6	82.86	82.26	13.94	143.77	96.88	3.74	11.52
Stock d'alerte	20	20	23	23	5	33	30	2	5
Stock de sécurité	4	4	5	5	2	6	5	1	2

## IV - 2 - Conclusion

L'analyse de la décision doit être le point de départ de toute étude de gestion quels que soient ses aspects. Elle permet la prise de décisions correctes et efficaces, comme l'affirme J. Lesourne *"Dans la vie d'une entreprise, la préoccupation essentielle est d'assurer que des décisions correctes soient prises et exécutées.*

*C'est de cela que dépend sa prospérité".*

Avant toute prise de décision une analyse approfondie du problème s'impose.

Ceci nous a conduit à la réalisation de ce modeste travail qui constitue un apport d'aide à la décision en matière de gestion des stocks.

L'étude que nous avons entamé débute par une classification de l'ensemble des articles (pièces) stratégiques du réseau qui mettra les supports d'une gestion organisée des stocks de rechange de ce dernier.

La classification a été établit sur la base d'une discussion sur un ensemble de critères en rapport avec notre étude.

A partir de l'étude du réseau, sa structure et sa couverture géographique, nous avons proposé une stratégie d'approvisionnement propre au réseau pour les pièces retenues pour l'étude (pièces de la classe 1).

Ceci permettra une répartition adéquate du lot des pièces sur les magasins régionaux du réseau.

Le mode d'approvisionnement suggère est basé sur la proposition de :

- Un modèle de gestion central qui permet d'organiser l'approvisionnement sur l'ensemble du réseau,
- un modèle de gestion régional qui permet la répartition du lot de rechange national sur les régions.

La nouveauté de l'investissement (le réseau DZ=PAC est à un stade embryonnaire) a été à l'origine des difficultés majeures que nous avons rencontrés au cours de notre étude.

Ceci a constitué un obstacle pour la collecte de l'information nécessaire à l'étude qui est soit difficile à rassembler ou non disponible.

Cependant, pour la mise en application de notre modèle nous nous sommes basés sur des données théoriques fournies par le fournisseur.

Afin d'appréhender une étude expérimentale significative un ensemble de suggestions est proposé par la suite.

### IV-3- Suggestions

- Le diagnostic des pannes n'est pas précis.

Cependant, nous proposons d'améliorer l'efficacité du logiciel de gestion du réseau chargé de cette fonction par une demande de recours destinée au fournisseur.

- L'enregistrement précis des pannes et des dérangements observés sur tout organe ou pièce du réseau.

- Etablir l'état statistique mensuel et annuel des pannes qui constituera une base pour l'historique des consommations.

Pour cela, nous nous servons de ce genre de documents :

Pièce	Nombre d'exemplaires	Nombre d'observations sur le mois ou sur l'année
-------	----------------------	--

- Il faut exiger :

- Une documentation précise et détaillée de la part du fournisseur sur les caractéristiques techniques et de fiabilité des organes (ensemble et sous-ensemble) du réseau ;

- Une formation stricte et continue du personnel spécialiste dans les équipements du réseau.

- Pour une meilleure estimation des coûts de gestion nous proposons la mise en application d'une comptabilité analytique selon la recommandation gouvernementale .

## Bibliographie

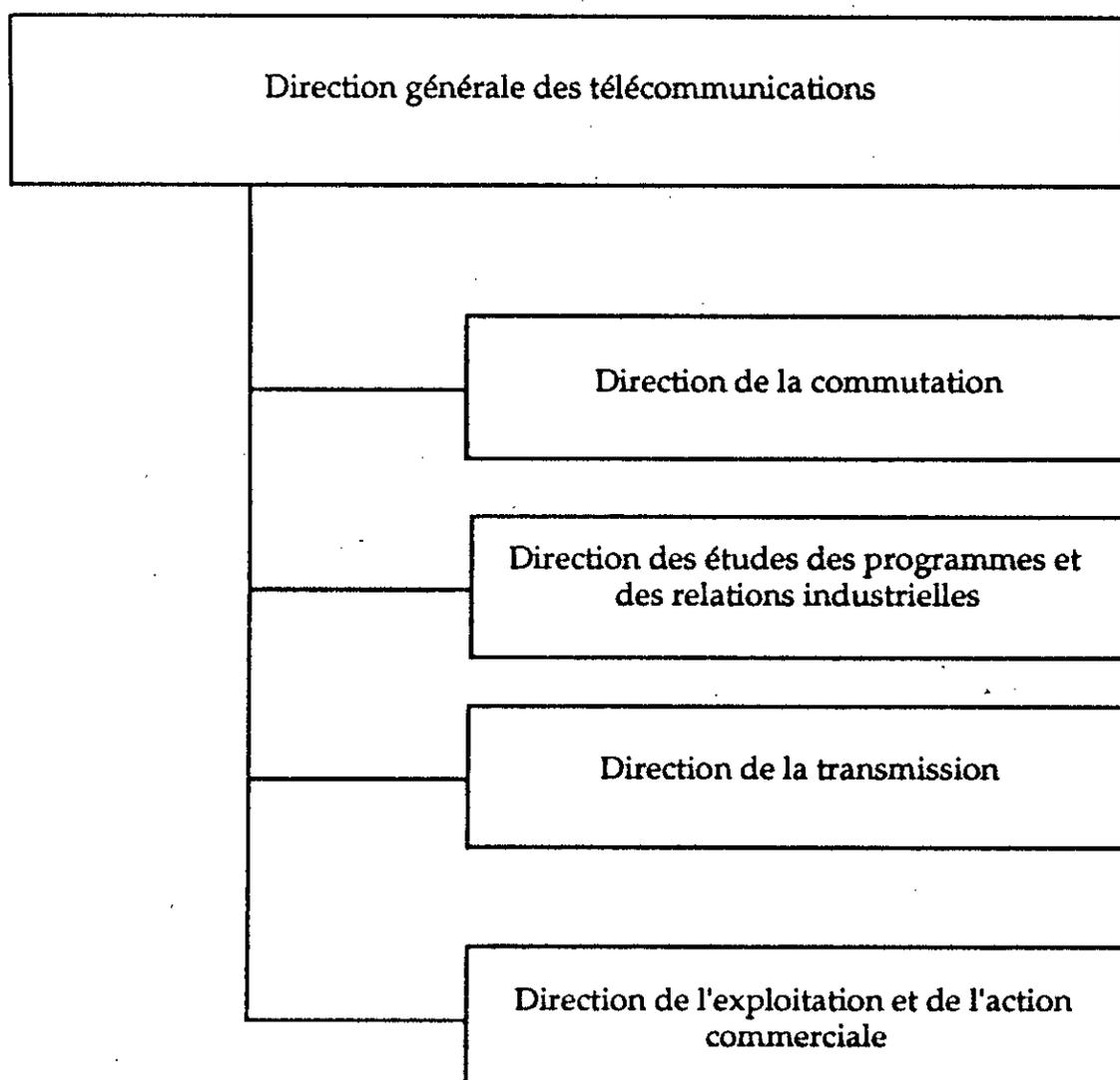
- (1) Documents du ministère des PTT (1993)
- (2) Fantolliet, systèmes de télécommunications, édition Dunod, (1983)
- (3) Mahmoud Bacha R, Enrichissement d'une boîte à outil de protocole de transport ISO, classe 0-4, PFE département informatique, USTHB, (1993)
- (4) M. Ducourant, R. François, "Système de commutation de paquets DPS2500", revue des télécommunications, volume 62 n°2 (1988).
- (5) Document GAS11, "Preliminary DRAFT of chapter 6 : Opérations, maintenance, training", CCITT, (May 1986)
- (6) Bernard, "Les relations entre maintenance et pièce de rechange", Edition AFNOR (1987)
- (7) A. Silver, "decision systems for inventory management and production planning", Edition Wiley (1985)
- (8) M. Dufils, Merlin Gerin "L'efficacité de la maintenance, les outils de gestion des pièces de rechange, le point de vue d'un fournisseur", Edition AFNOR (1989)
- (9) C. Guyot, "Initiation à la maintenabilité", Edition Dunod (1969)
- (10) Aregradj Djamila et Guendouzi Wahiba, "Informatisation de la gestion de la pièce de rechange et de la maintenance préventive", PFE Département RO (1989/90)
- (11) K. Gaither, "L'entreprise et la gestion des opérations", Edition HRW (1983)
- (12) V. Giard, "Gestion de la production", Edition Economica (1986)
- (13) DN. Chorafas, "La simulation mathématique et ses applications", Edition Dunod (1966)
- (14) Amitava Mitra, James F. Cox and Richard R. Jesse JK, "A note on determining order quantities with a line ar trend in demand", O.R, volume 35, number 2, (1984)
- (15) P. Bertier, JM Bouroche, "analyse de données multidimensionnelles", PUF, 1975
- (16) M. Jambu, M. Lebeaux, "Classification automatique pour l'analyse des données", Edition Dunod, (1978)
- (17) M. Ouabdesselam, "Renouvellement des équipements", note de cours 3e année GI (1990-1991)
- (18) A. Pagès, M. Gondron, "Fiabilité des systèmes", Edition Eyrolles (1980).

# Annexes

# ANNEXES

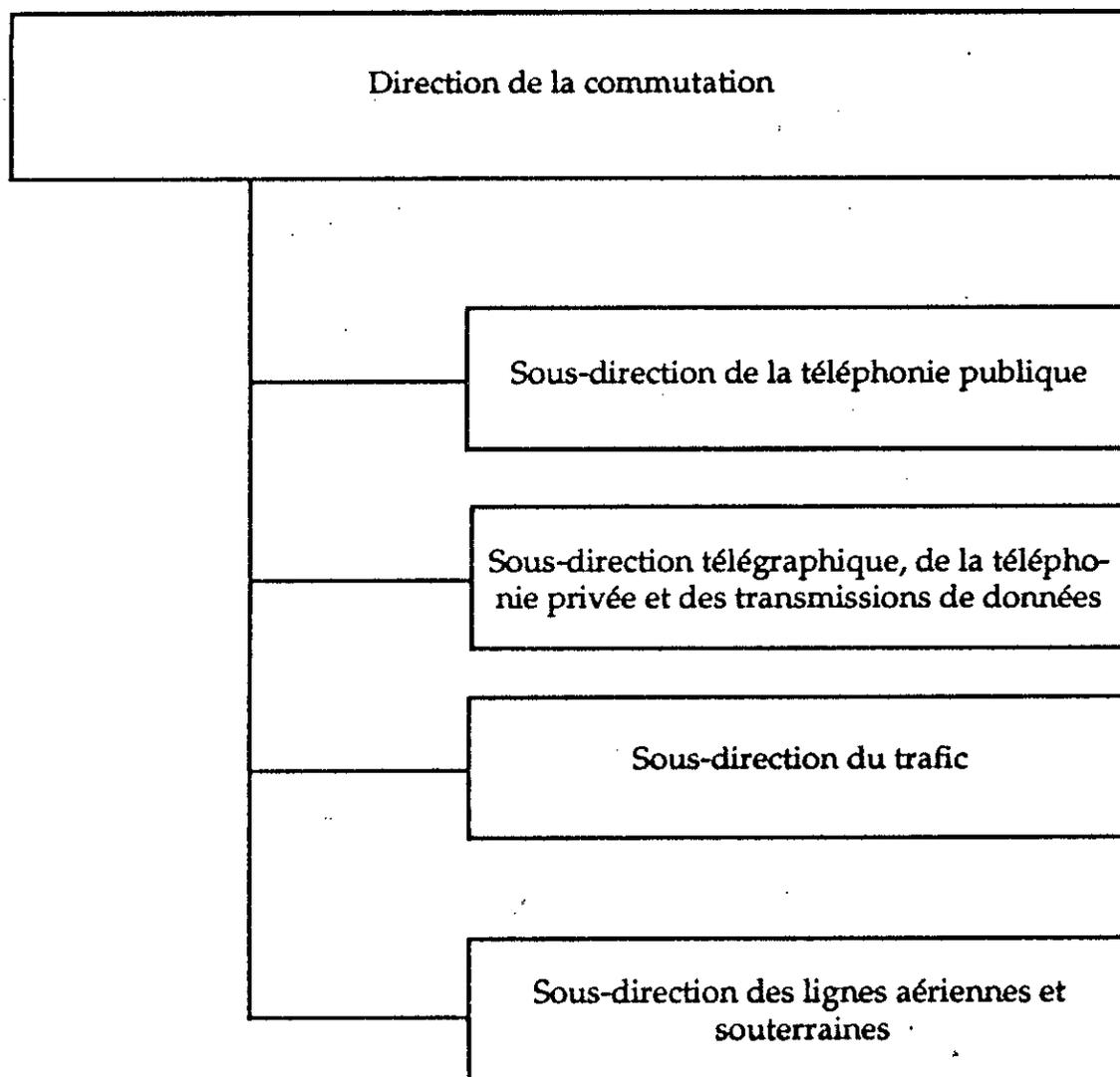
## Annexe I

### Organigramme de la direction générale des télécommunications



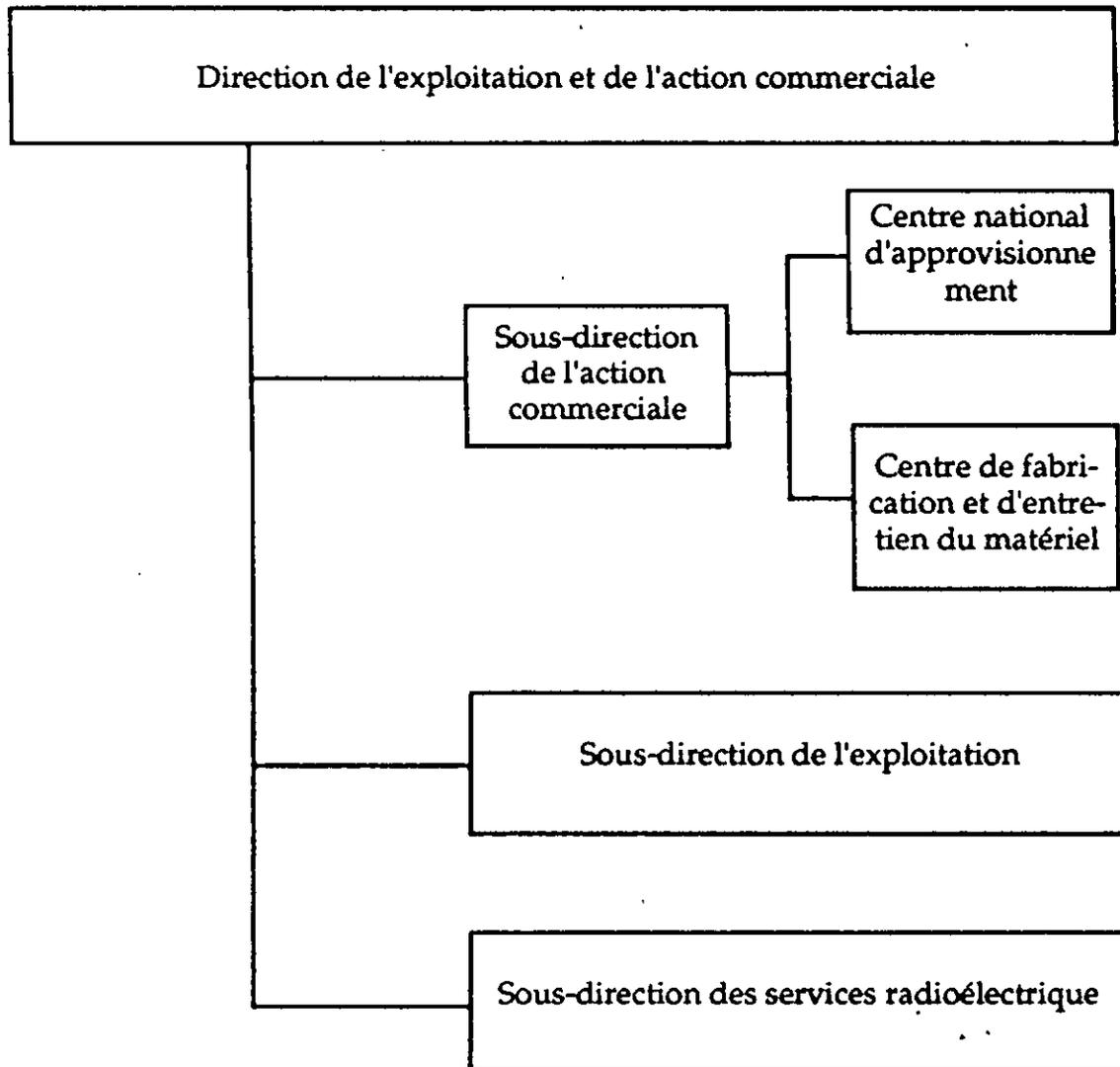
## Annexe II

### Organigramme de la direction de la commutation



## Annexe III

### Organigramme de la direction de l'exploitation et de l'action commerciale



# TOPOLOGIE DU RESEAU DZ-PAC

## LEGENDE

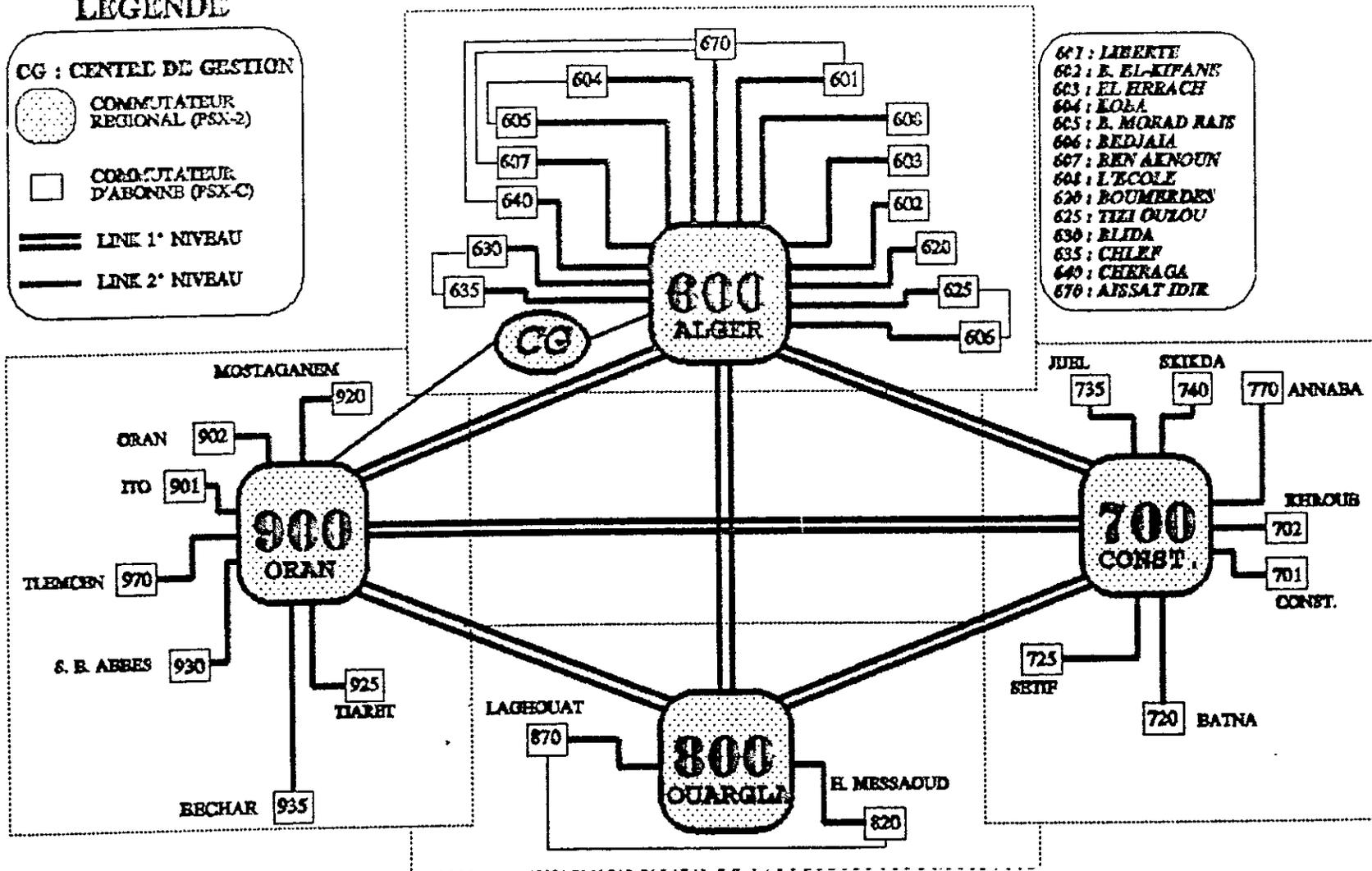
CG : CENTRE DE GESTION

 COMMUTATEUR REGIONAL (PSX-2)

 COMMUTATEUR D'ABONNE (PSX-C)

 LINK 1° NIVEAU

 LINK 2° NIVEAU



Annexe IV

## Annexe V

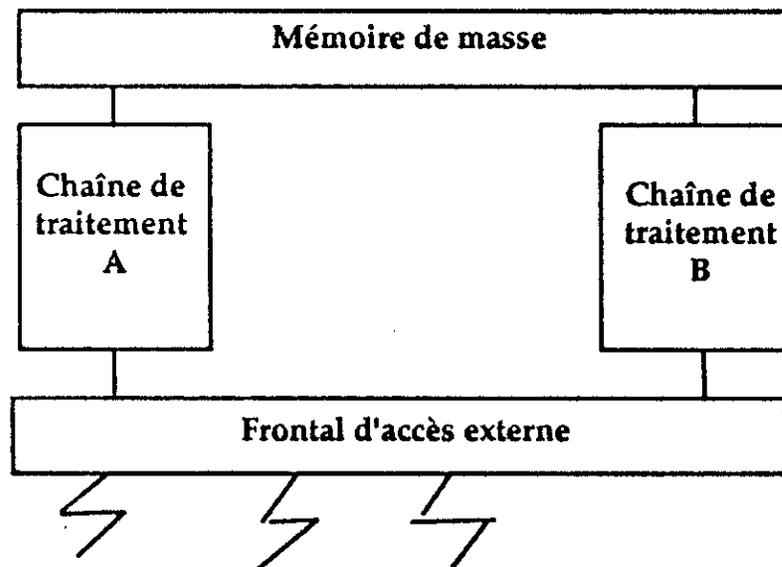
### Etude fonctionnelle de l'équipement

Un équipement DPS 2500 du réseau est conçu à partir d'un système A8300.

Le système A8300 est constitué de trois sous-ensembles fonctionnels :

- 1- Chaîne de traitement
- 2- Mémoire de masse
- 3- Frontal d'accès interne

Organisation fonctionnelle du système



### 1- Architecture d'une chaîne de traitement

La chaîne de traitement est constituée de :

- Unités de traitement
- Interfaces vers les autres sous-ensembles

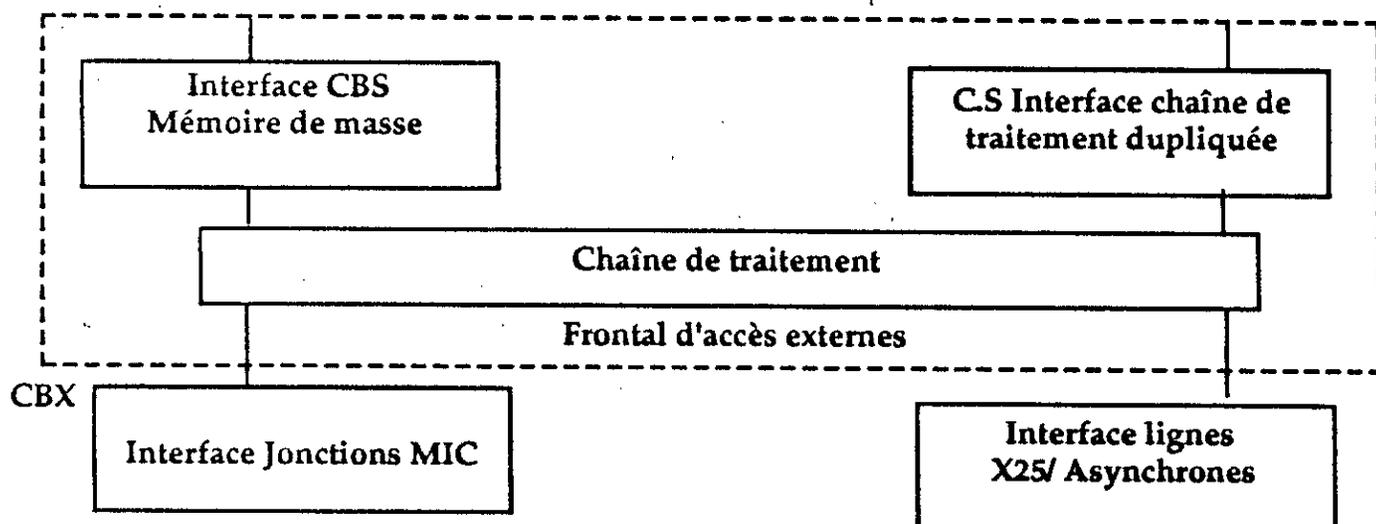
(Une unité de traitement est constituée d'une carte processeur entourée de sa mémoire locale constituée de cartes mémoires RAM )

#### 1-1- Les interfaces

Les interfaces utilisées sont :

- Carte CBS vers la mémoire de masse,
- carte FTD vers le frontal d'accès des lignes X25 et synchrones,
- carte CBX vers le frontal d'accès aux lignes M/C,
- une carte CS vers l'autre chaîne de traitement,

La chaîne de traitement est organisée autour d'un bus appelé XBUS ou bus général



### Caractéristiques XBUS

le XBUS est un circuit matérialisé sur le fond de panier dans les alvéoles

Il compte 16 emplacements de cartes, tous banalisées.

Le XBUS comprend plusieurs bus distincts :

- Un bus d'adresses de 24 fils
- Un bus de données de 16 fils
- Des fils pour tous les signaux relatifs aux échanges des données et aux signaux de service.

### Organisation du XBUS

#### Carte CRHP

#### Carte CRB

Adaptation XBUS	24 fils d'adresses	Adaptation XBUS
Identification XBUS	16 fils de données	Identification XBUS
Horloge Allocateur	Fils de contrôle	Priorité

### 1-2 L'unité de traitement

L'unité de traitement est composée :

- Une carte UTR
- Une à plusieurs cartes mémoire accessibles via un bus local (LBUS) par la carte UTR

Le LBUS permet à un processeur d'accéder à un espace mémoire sans utiliser le XBUS).

## 2- Mémoire de masse

La périphérie informatique (ou mémoire secondaire) du système A8300 utilise trois types de support magnétique :

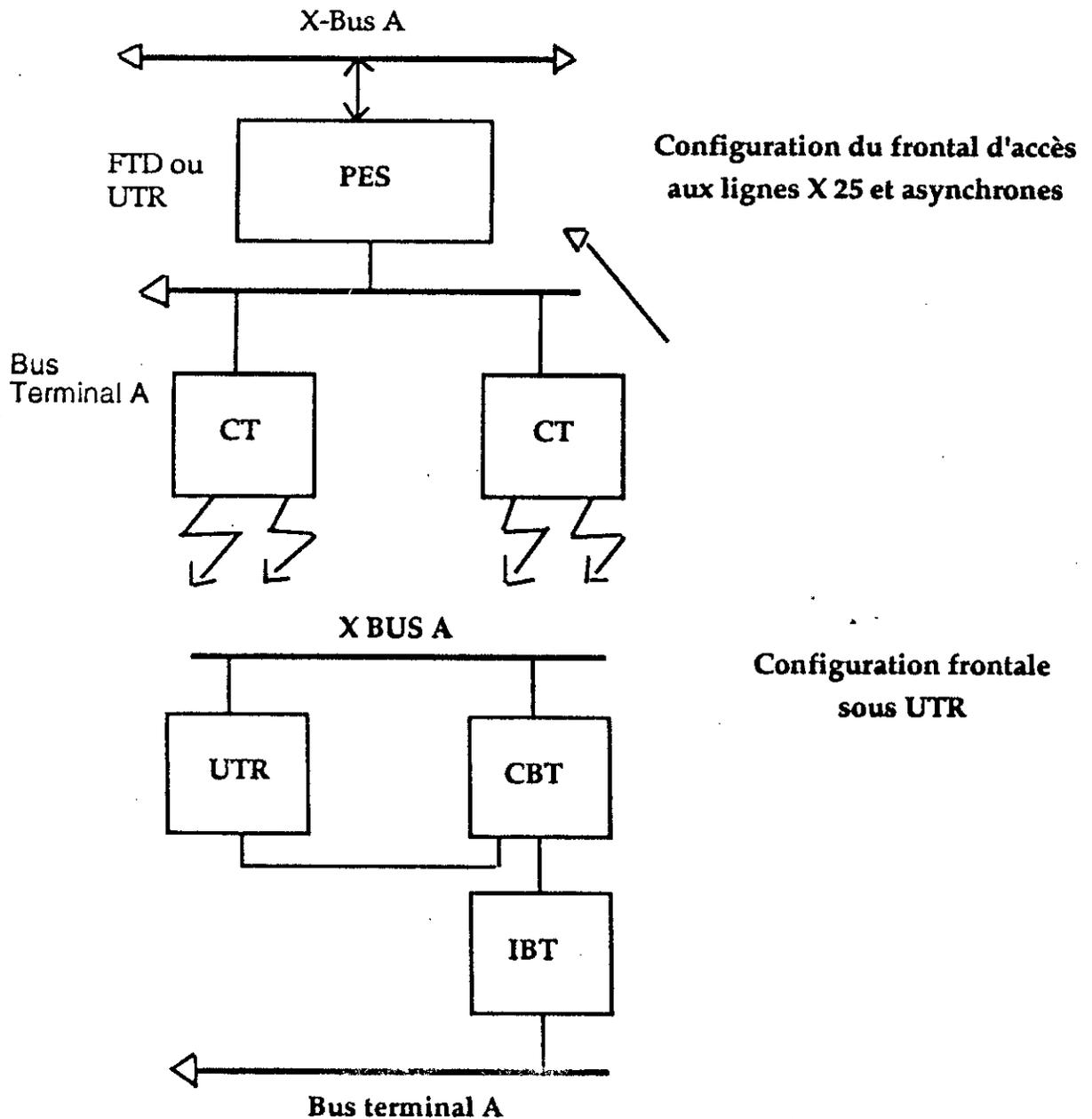
- disques fixe
- streamer
- bandes magnétiques

et communique avec la chaîne de traitement par l'intermédiaire de la carte CBS

## 3-Interfaces lignes

Le frontal d'accès aux lignes de télécommunications synchrones et asynchrones est constitué de façon générale de :

- Un PES ( processeur d'entrées sorties)
- Un bus de télécommunication appelé BUS terminal ( TBUS)
- Plusieurs cartes coupleurs de transmission ( CT)



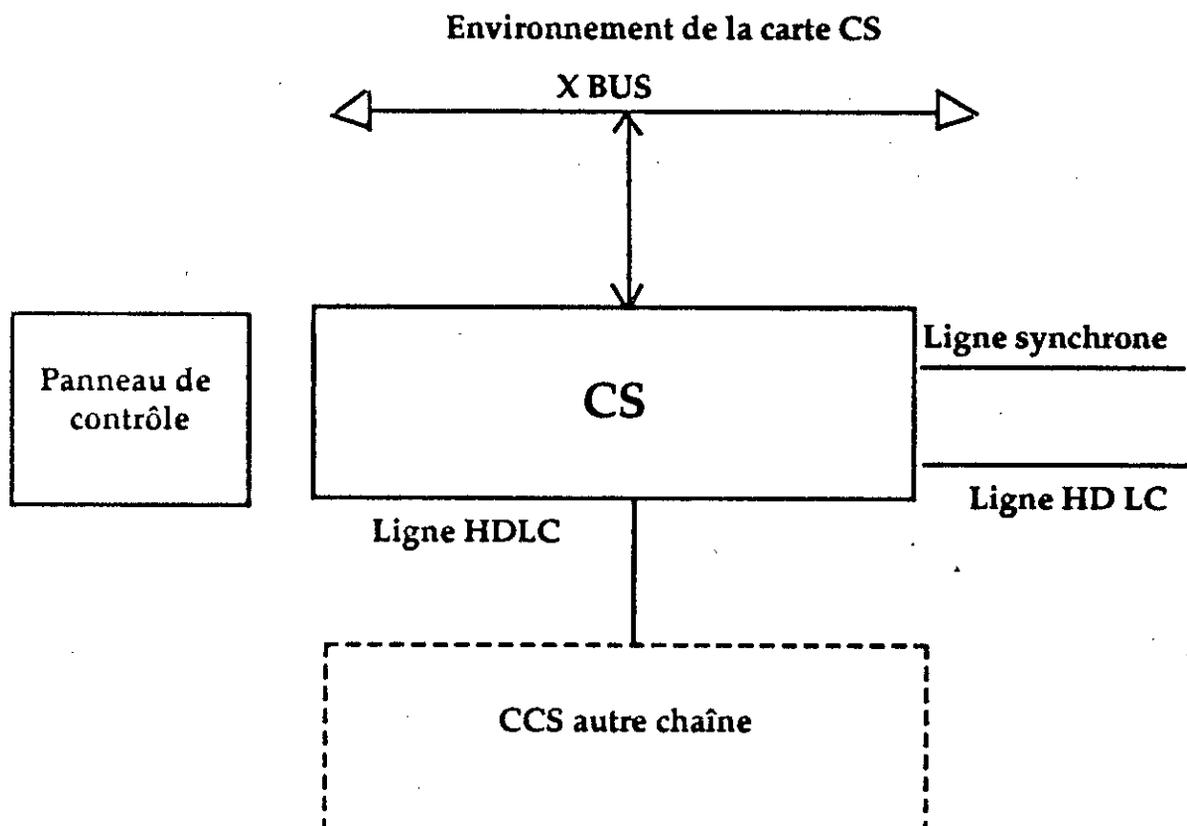
## Interface chaîne de traitement

Elle s'articule autour de la carte système. La carte système (CS) utilisée dans le système A8300 a un rôle de surveillance. Cette carte doit :

- Vérifier la validité des ordres importants donnés aux différentes parties du système.
- Effectuer les opérations qui agissent sur la configuration du système
- Permettre à un opérateur de surveiller le système (lecture de la mémoire, test...)
- Recevoir les commandes venant de l'extérieur.

Pour un système dupliqué, les deux CS échangent des signaux et des messages pour déterminer l'état des chaînes.

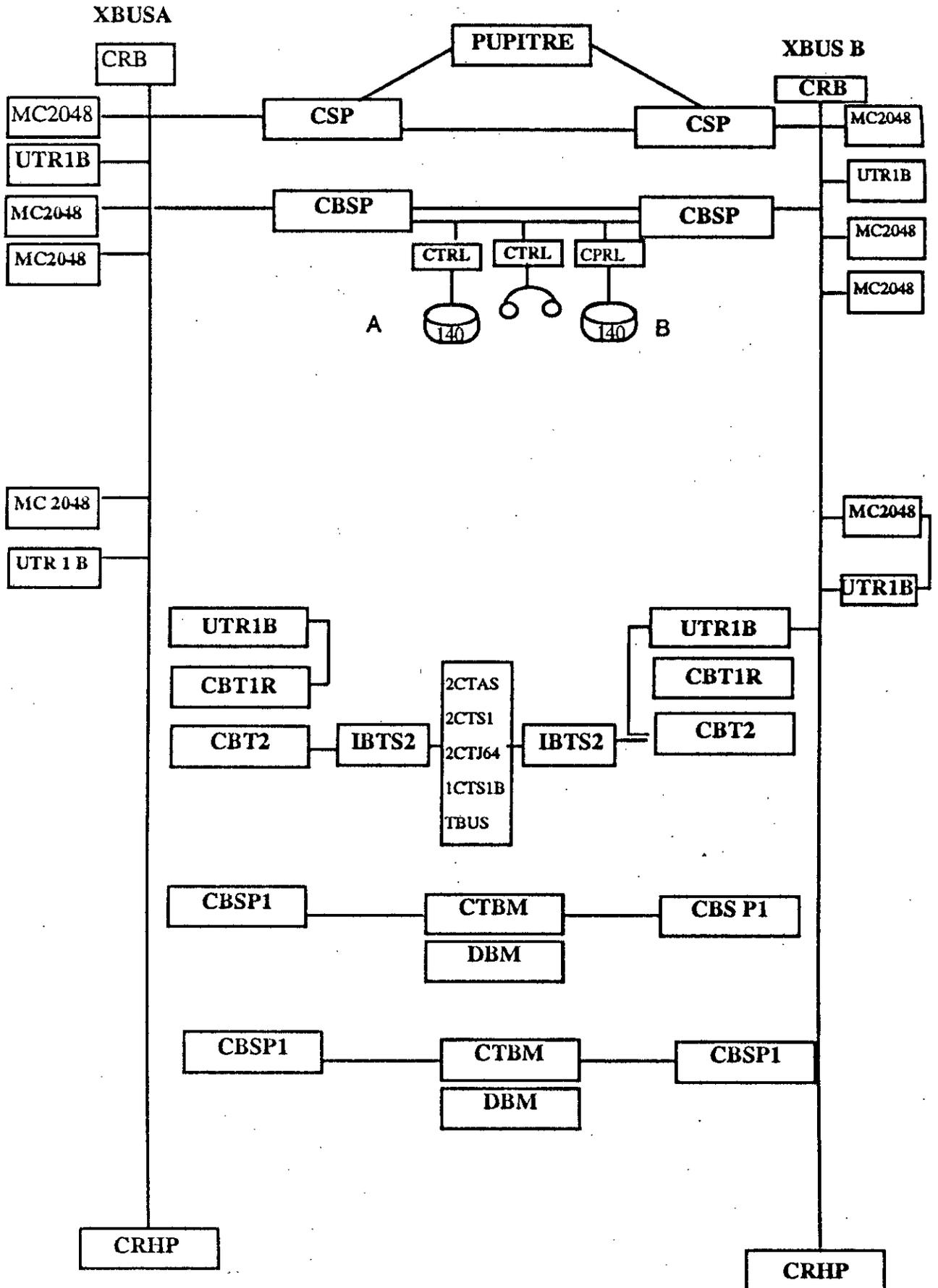
En cas de panne de la CS le basculement se fait automatiquement.



# Annexe VI

## Diagrammes des équipements

### Diagramme du centre de gestion



# Diagramme du PSX2

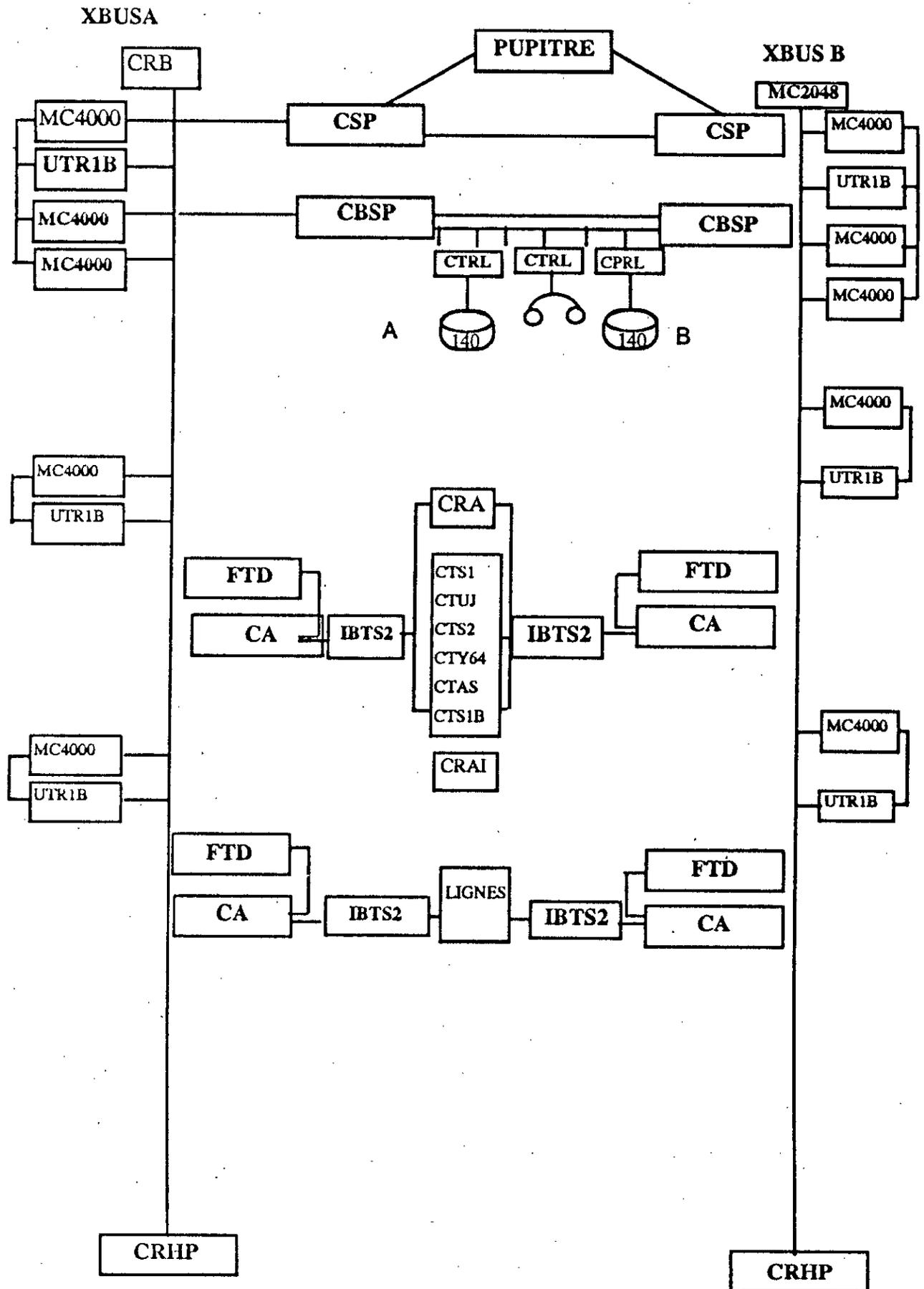
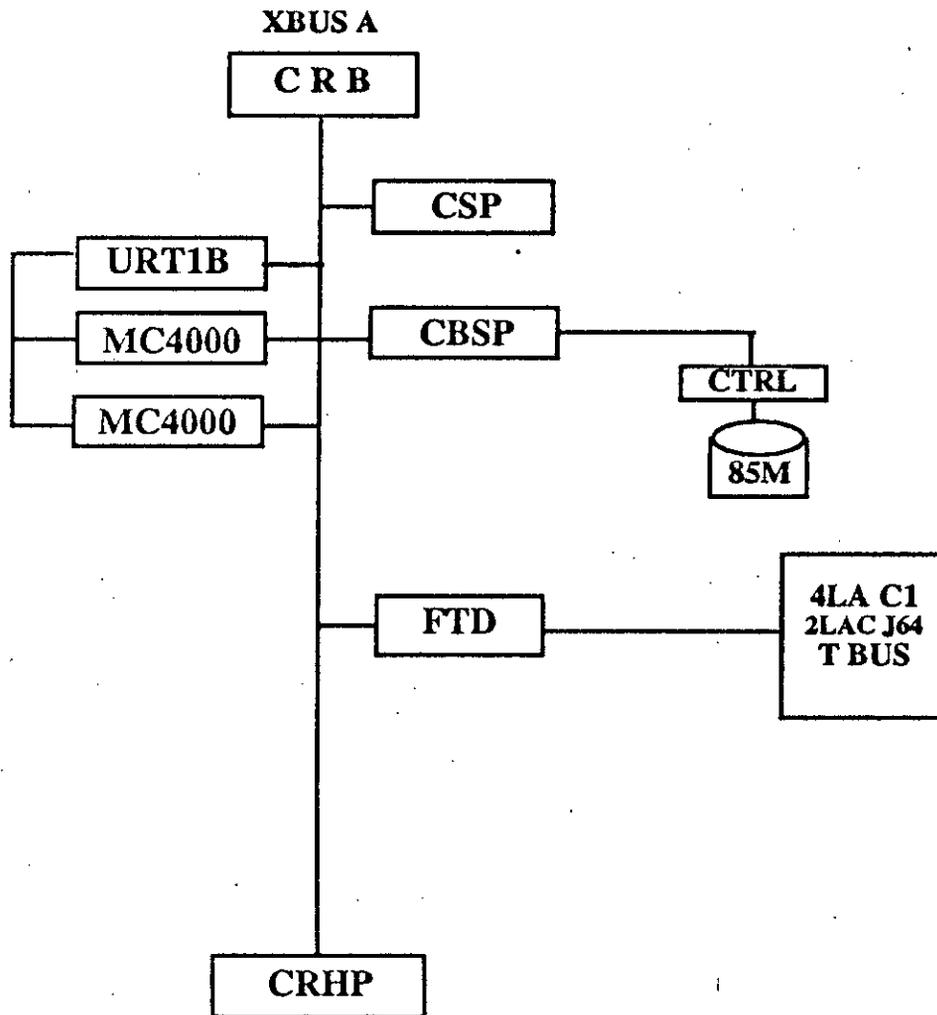


DIAGRAMME DU PS X C



## Annexe VII

### Tableau résumant les fonctions des pièces

Organe	Fonction
CSP	Initialisation et chargement du système et surveillance du X BUS ainsi que le contrôle de la configuration et du basculement (en duplex)
CBSP1	Coupleur double bus SCSI pour mémoire de masse ( disque ...)
CRB	Adaptation des signaux X BUS Choix priorité fixe/tournante Choix numéro XBUS
CRHP	Adaptation passive des signaux XBUS Choix numéro X BUS
UTR1B	Carte processeur 68020 à 32 bits utilisant le circuit prédifusé X BUS
MC2048	Carte mémoire capacité : 2 moctets double accès en mode esclave LBUS et XBUS
MC4000	Carte mémoire capacité : 4 moctets double accès en mode esclave : LBUS et XBUS
Disque 140 Mo Disque 85 Mo	Mémoire de masse Mémoire de masse
FTD	Frontal de données Capacité de traitement : 128 lignes en full-duplex (jusqu'à 19,2 kb/s)

Organe	Fonction
IBTS2	Interface de régénération du bus terminal associée aux cartes CRA et CRAI pour adaptation du bus terminal
CA28H	Alimentation de la chaîne
CRA CRAI	Adaptation active des signaux du bus terminal par circuit et résistance.
CA	Interface de régénération du Bus terminal (carte associée à la carte IBTS2)
CTAS	Coupleur de transmission asynchrone permettant de gérer 8 lignes V24 sous le FTD ou CBI.
CTS1	Coupleur de transmission synchrone, 4 jonctions V28 et V35 sous contrôle FTD.
CTS1B	Permet le test de la chaîne en réserve d'un duplex
CTUJ	Coupleur de transmission multiprotocole permettant de gérer 8L V25 sur TBUS sous contrôle FTD.
CTJ64	Coupleur de transmission synchrone permettant de gérer 4 lignes à 64 kb/s sous le contrôle du FTD
LAC1	Coupleur de transmission multiprotocole, 8 jonctions
LAC 2	Coupleur de transmission synchrone, 4 jonctions
LAC 3	Coupleur de transmission synchrone, 4 jonctions

## Annexe VIII

### Démonstration de la formule de la période de gestion du modèle des commandes groupées

Le coût global de gestion pour l'ensemble des pièces est :

$$C = \sum_{i=1}^m CA(i) + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^m CS(i) \cdot S \cdot T$$

$$S = \text{Commande globale, } S = \sum_{i=1}^m S'(i)$$

$$n(i) = \begin{cases} N_k & \text{Si modèle régional} \\ N & \text{Si modèle national} \end{cases}$$

$$S = \sum_{i=1}^m n(i) \cdot \lambda(i) \cdot T$$

$$C = \sum_{i=1}^m CA(i) + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^m CS(i) \cdot \sum_{i=1}^m n(i) \cdot \lambda(i) \cdot T^* \cdot T^*$$

$$C = \sum_{i=1}^m CA(i) + \frac{1}{2} T^2 \sum_{i=1}^m CS(i) \cdot \sum_{i=1}^m n(i) \cdot \lambda(i)$$

$$C/T = \sum_{i=1}^m CA(i) / T + \frac{1}{2} T \cdot \sum_{i=1}^m CS(i) \cdot \sum_{i=1}^m n(i) \cdot \lambda(i)$$

$$\frac{\partial (C/T)}{\partial T} = - \sum_{i=1}^m CA(i) / T^2 + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^m CS(i) \cdot \sum_{i=1}^m n(i) \cdot \lambda(i) = 0$$

D'où

$$T = \sqrt{\frac{2 \cdot \sum_{i=1}^m CA(i)}{\sum_{i=1}^m CS(i) \cdot \sum_{i=1}^m n(i) \cdot \lambda(i)}}$$