

وزارة التربية الوطنية  
MINISTERE DE L'EDUCATION NATIONALE

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT GENIE INDUSTRIEL

المدرسة الوطنية للتكنولوجيا  
BIBLIOTHEQUE — المكتبة  
Ecole Nationale Polytechnique

# PROJET DE FIN D'ETUDES

## SUJET

CONTRIBUTION TECHNIQUE  
AU PROBLEME DE DIMENSIONNEMENT  
D'UNE BASE DE MAINTENANCE  
AERONAUTIQUE

Proposé par :

AIR-ALGERIE

Etudié par :

MAHDI ABDELHALIM  
YALAOUI FAROUK

Dirigé par :

MM. LAMRAOUI  
MEKARNIA

PROMOTION

JUILLET 1995

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التربية الوطنية

MINISTERE DE L'EDUCATION NATIONALE

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT

GENIE INDUSTRIEL

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات  
المكتبة — BIBLIOTHEQUE  
Ecole Nationale Polytechnique

# PROJET DE FIN D'ETUDES

## SUJET

CONTRIBUTION TECHNIQUE  
AU PROBLEME DE DIMENSIONNEMENT  
D'UNE BASE DE MAINTENANCE  
AERONAUTIQUE

Proposé par :

AIR-ALGERIE

Etudié par :

MAHDI ABDELHALIM  
YALAQUI FAROUK

Dirigé par :

MM. LAMRAOUI  
MEKARNIA

PROMOTION

JUILLET 1995

Ce memoire est consacré a l'étude du dimensionnement  
des moyens humains a mettre en place au niveau d'une base  
de maintenance aéronautique s'occupant uniquement de  
l'entretien léger.

La resolution de ce problème s'est effectuée par une approche  
de simulation ,elle s'est concretisée par un programme de simulation  
ecrit en turbo\_pascal

This work is a technical contribution in the dimensionnement of the  
human ressources to affect in a aéronautic maintenance basis.  
To resolve this problem , a simulation approach have been used  
and it was concretised by the improvement of a simulation program  
wrote in Turbo\_pascal informatic language.

الهدف من هذا الموضوع هو التحديد الكمي  
لوسائل الصيانة التي يجب وضعها  
في قاعدة صيانة تجهيزات النقل الجوي  
في هذا الصدد، توصلنا الى انجاز نموذج  
العمائلة الذي مكنتنا من التوصل الى صيغتنا  
لذلك، انجزنا برنامج لعماء الي بلغة "توربواسكال"

Au moment de la mise en page définitive de ce mémoire de fin d'études à l'Ecole Nationale Polytechnique d'Alger, notre première pensée est dirigée, respectueusement, vers l'ensemble de nos professeurs.

Dans ce cadre, nous adressons nos vifs remerciements à Monsieur LAMRAOUI et à Monsieur MEKARNIA qui ont bien voulu nous diriger dans la réalisation de ce travail.

Nous tenons à remercier Mademoiselle ABOUN et Monsieur HADDAD d'avoir accepté d'examiner ce travail.

Nous exprimons toute notre reconnaissance aux cadres de la Compagnie Nationale AIR-ALGERIE et notamment à :

- Monsieur DALI-CHAOUCH et Monsieur KRIM qui nous ont, judicieusement, orientés dans le choix de notre sujet, aidé et contribué, avec compétence, à sa formulation.
- Monsieur BENAYAD et Monsieur BENMAHMOUD qui nous ont suivis, guidés et soutenus tout au long de la réalisation de cette étude.
- Aux personnels techniques et de maintenance de la base mère d'Alger (DAR-EL-BEIDA).

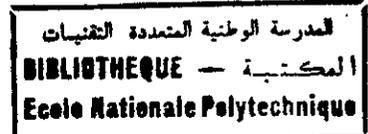
A leur contact, notre travail a été rendu aussi agréable qu'enrichissant.

Nous remercions bien vivement les cadres de la Direction de la Planification, notamment Monsieur OUZNADJI, et ceux de la Direction de l'Aviation Civile, du Ministère des Transports pour leurs orientations et leur agréable coopération.

Nous remercions, tout particulièrement, Monsieur DROUCHE Mohamed qui nous a aidés à donner forme à notre travail.

Nous prions chacun de trouver, ici, l'expression de notre gratitude.

## SOMMAIRE



I. INTRODUCTION	04
II. PRESENTATION D'AIR-ALGERIE	05
II.1. HISTORIQUE	05
II.2. ANALYSE GLOBALE DE LA SITUATION	05
II.2.1 - LE MARCHE ET LE TRAFIC	06
II.2.2 - LA FLOTTE	06
II.3. LES ATOUTS D'AIR-ALGERIE	09
II.4. QUELQUES DONNEES CHIFFREES	10
II.5. PERSPECTIVES	11
II.6. PROBLEMATIQUES	12
III. PLANNING DE PRODUCTION ET LA GESTION	14
III.1. LA PREVISION DE LA PRODUCTION	15
III.1.1. LE PROCESSUS DE LA PREVISION DE LA PRODUCTION	16
III.1.2. LE DOMAINE D'APPLICATION DE LA PREVISION DE LA PRODUCTION	16
III.2. LA PREPARATION DES STANDARDS ET DES METHODES	21
III.2.1. LES STANDARDS	21
III.2.2. L'EVALUATION DES STANDARDS DES TEMPS DE TRAVAIL	21
III.2.3. LES STANDARDS DES MATERIELS	22
III.3. LE PLANNING DES RESSOURCES HUMAINES	22
III.4. LE PLANNING DES RESSOURCES MATERIELLES	22
III.5. LE PLANNING DES MOYENS LOGISTIQUES	22
III.6. LA GESTION DE LA PRODUCTION	23
III.7. L'ANALYSE DES PERFORMANCES DE LA PRODUCTION	23
IV. L'ETUDE PRATIQUE	25
IV.1. LA DEFINITION DE LA MAINTENANCE	25
IV.2. LA MAINTENANCE A AIR-ALGERIE	26

IV.2.1. ORGANISATION DU TRAVAIL	26
IV.2.2. DEFINITION DE QUELQUES TERMES TECHNIQUES	27
IV.2.2.1. LA VERIFICATION	27
IV.2.2.2. L'INSPECTION	27
IV.2.2.3. LE CONTROLE DE FONCTIONNEMENT	27
IV.2.2.4. LES ESSAIS FONCTIONNELS	28
IV.2.2.5. LA PERIODICITE D'ENTRETIEN	28
IV.2.3. LES EXIGENCES EN MOYENS HUMAINS ET MATERIELS	29
IV.2.3.1. LES HANGARS	29
IV.2.3.2. LE PERSONNEL	30
IV.2.3.3. L'OUTILLAGE ET LE MATERIEL	31
IV.2.4. PRESENTATION DES VISITES DE MAINTENANCE	32
IV.2.4.1. LES VISITES DE TRANSIT	32
IV.2.4.2. LES VISITES INTERCALAIRES	33
IV.2.4.3. LA COLLECTE DES DONNEES	34
IV.2.4.4. DESCRIPTION DES OPERATIONS LES PLUS IMPORTANTES EFFECTUEES EN ENTRETIEN	36
IV.3. METHODE DE RESOLUTION	39
IV.3.1. LA SIMULATION	40
IV.3.1.1. DEFINITION	40
IV.3.1.2. LE SYSTEME	40
IV.3.1.3. LE MODELE	40
IV.3.1.4. LES DIFFERENTS TYPES DE SIMULATION	41
IV.3.1.5. LA MODELISATION	42
IV.3.1.6. LA VALIDATION ET LA VERIFICATION	42
* LA VALIDATION	
* LA VERIFICATION	

IV.3.2. LA PROGRAMMATION	44
IV.3.2.1. LA CONCEPTION	45
IV.3.2.2. L'ECRITURE	45
IV.3.2.3. LA VALIDATION	45
IV.3.2.4. L'ANALYSE	45
IV.3.2.5. LES TESTS	46
IV.4. LA MODELISATION	48
IV.4.1. L'IDENTIFICATION DU SYSTEME	48
IV.4.2. LA LOGIQUE DU CHANGEMENT D'ETAT DU SYSTEME	48
IV.4.3. LES ENTITES DU SYSTEME	49
IV.4.4. LES ACTIVITES DU SYSTEME	49
IV.4.5. LES RESSOURCES DU SYSTEME	49
IV.4.6. LES HYPOTHESES DU MODELE	49
IV.4.7. PRESENTATION DU MODELE	51
IV.4.7.1. LES VARIABLES DU MODELE	51
IV.4.7.2. LES PROCEDURES DU MODELE	53
IV.4.7.3. EXPLICATION DU MODELE	61
IV.4.7.4. L'ECRITURE DU PROGRAMME	63
IV.5. LA VALIDATION	64
V. APPLICATION	69
VI. CONCLUSION	75
. ANNEXES	
- ANNEXE A PLAN D'EXPLOITATION	
- ANNEXE B PLAN DE MAINTENANCE	
- ANNEXE C FICHE DE PERIODICITE D'ENTRETIEN	
- ANNEXE D CARTES PROTOCOLAIRES	
- ANNEXE E ORGANIGRAMMES	
- ANNEXE F TEST DE KOLMOGOROV-SMIRNOV	
- ANNEXE G SCENARIS	

## I — INTRODUCTION

Le transport aérien joue un rôle de plus en plus important dans le développement économique et social.

Il est devenu une industrie qui favorise l'émergence d'activités annexes aussi multiples que variées (commerces - hôtelleries etc...). Le développement économique régional en Algérie a engendré des pôles d'activités ayant un effet considérable sur le transport aérien.

La création et le développement de ces pôles (ORAN, CONSTANTINE, ANNABA, HASSI-MESSAOUD, GHARDAIA, IN AMENAS ...) ont entraîné une expansion du réseau d'exploitation national d'AIR-ALGERIE. Face à cette situation, l'entreprise est appelée à adapter et à répartir ses moyens humains, matériels, commerciaux dans le sens de l'optimisation de ses services aériens.

Parmi les moyens préconisés pour atteindre cet objectif, l'entreprise a opté pour la décentralisation de certaines activités liées à l'exploitation, notamment la fonction maintenance.

C'est dans ce cadre que s'inscrit notre étude qui consiste à élaborer un modèle permettant de dimensionner les moyens humains à mettre en place au niveau d'une base régionale en ne s'attachant qu'à des considérations techniques.

A cet effet, nous avons commencé par nous familiariser avec l'entreprise AIR-ALGERIE. La présentation de cette entreprise, ainsi que la formulation du problème feront l'objet du deuxième chapitre.

dans le troisième chapitre, nous aborderons la notion de planning de production et la gestion en aéronautique (P.P.C: production planning and control) . Le P.P.C est élaboré par les hautes instances du transport aérien international. Il donne les règles et les procédures de maintenance à mettre en place dans toute compagnie aérienne.

Nous n'avons pris connaissance de ce document qu'après un stade avancé de notre travail, mais il nous semble important d'en parler car il confirme notre approche de résolution.

Le quatrième chapitre traitera des principales étapes de l'étude. A l'issue de ce dernier , le modèle de simulation que nous avons développé sera largement détaillé.

Le cinquième chapitre présentera une exécution pratique de notre programme en prenant comme base l'aéroport de CONSTANTINE (les résultats seront donnés dans le document joint en annexe.).

La dernière partie de notre travail sera consacrée à une série de suggestions et suivie d'une conclusion générale.

## SOMMAIRE

I. INTRODUCTION	04
II. PRESENTATION D'AIR-ALGERIE	05
II.1. HISTORIQUE	05
II.2. ANALYSE GLOBALE DE LA SITUATION	05
II.2.1 - LE MARCHE ET LE TRAFIC	06
II.2.2 - LA FLOTTE	06
II.3. LES ATOUTS D'AIR-ALGERIE	09
II.4. QUELQUES DONNEES CHIFFREES	10
II.5. PERSPECTIVES	11
II.6. PROBLEMATIQUES	12
III. PLANNING DE PRODUCTION ET LA GESTION	14
III.1. LA PREVISION DE LA PRODUCTION	15
III.1.1. LE PROCESSUS DE LA PREVISION DE LA PRODUCTION	16
III.1.2. LE DOMAINE D'APPLICATION DE LA PREVISION DE LA PRODUCTION	16
III.2. LA PREPARATION DES STANDARDS ET DES METHODES	21
III.2.1. LES STANDARDS	21
III.2.2. L'EVALUATION DES STANDARDS DES TEMPS DE TRAVAIL	21
III.2.3. LES STANDARDS DES MATERIELS	22
III.3. LE PLANNING DES RESSOURCES HUMAINES	22
III.4. LE PLANNING DES RESSOURCES MATERIELLES	22
III.5. LE PLANNING DES MOYENS LOGISTIQUES	22
III.6. LA GESTION DE LA PRODUCTION	23
III.7. L'ANALYSE DES PERFORMANCES DE LA PRODUCTION	23
IV. L'ETUDE PRATIQUE	25
IV.1. LA DEFINITION DE LA MAINTENANCE	25
IV.2. LA MAINTENANCE A AIR-ALGERIE	26

IV.2.1. ORGANISATION DU TRAVAIL	26
IV.2.2. DEFINITION DE QUELQUES TERMES TECHNIQUES	27
IV.2.2.1. LA VERIFICATION	27
IV.2.2.2. L'INSPECTION	27
IV.2.2.3. LE CONTROLE DE FONCTIONNEMENT	27
IV.2.2.4. LES ESSAIS FONCTIONNELS	28
IV.2.2.5. LA PERIODICITE D'ENTRETIEN	28
IV.2.3. LES EXIGENCES EN MOYENS HUMAINS ET MATERIELS	29
IV.2.3.1. LES HANGARS	29
IV.2.3.2. LE PERSONNEL	30
IV.2.3.3. L'OUTILLAGE ET LE MATERIEL	31
IV.2.4. PRESENTATION DES VISITES DE MAINTENANCE	32
IV.2.4.1. LES VISITES DE TRANSIT	32
IV.2.4.2. LES VISITES INTERCALAIRES	33
IV.2.4.3. LA COLLECTE DES DONNEES	34
IV.2.4.4. DESCRIPTION DES OPERATIONS LES PLUS IMPORTANTES EFFECTUEES EN ENTRETIEN	36
IV.3. METHODE DE RESOLUTION	39
IV.3.1. LA SIMULATION	40
IV.3.1.1. DEFINITION	40
IV.3.1.2. LE SYSTEME	40
IV.3.1.3. LE MODELE	40
IV.3.1.4. LES DIFFERENTS TYPES DE SIMULATION	41
IV.3.1.5. LA MODELISATION	42
IV.3.1.6. LA VALIDATION ET LA VERIFICATION	42
* LA VALIDATION	
* LA VERIFICATION	

IV.3.2. LA PROGRAMMATION	44
IV.3.2.1. LA CONCEPTION	45
IV.3.2.2. L'ECRITURE	45
IV.3.2.3. LA VALIDATION	45
IV.3.2.4. L'ANALYSE	45
IV.3.2.5. LES TESTS	46
IV.4. LA MODELISATION	48
IV.4.1. L'IDENTIFICATION DU SYSTEME	48
IV.4.2. LA LOGIQUE DU CHANGEMENT D'ETAT DU SYSTEME	48
IV.4.3. LES ENTITES DU SYSTEME	49
IV.4.4. LES ACTIVITES DU SYSTEME	49
IV.4.5. LES RESSOURCES DU SYSTEME	49
IV.4.6. LES HYPOTHESES DU MODELE	49
IV.4.7. PRESENTATION DU MODELE	51
IV.4.7.1. LES VARIABLES DU MODELE	51
IV.4.7.2. LES PROCEDURES DU MODELE	53
IV.4.7.3. EXPLICATION DU MODELE	61
IV.4.7.4. L'ECRITURE DU PROGRAMME	63
IV.5. LA VALIDATION	64
V. APPLICATION	69
VI. CONCLUSION	75
. ANNEXES	
- ANNEXE A PLAN D'EXPLOITATION	
- ANNEXE B PLAN DE MAINTENANCE	
- ANNEXE C FICHE DE PERIODICITE D'ENTRETIEN	
- ANNEXE D CARTES PROTOCOLAIRES	
- ANNEXE E ORGANIGRAMMES	
- ANNEXE F TEST DE KOLMOGOROV-SMIRNOV	
- ANNEXE G SCENARIS	

## II. PRESENTATION GENERALE D'AIR-ALGERIE

### II.1. HISTORIQUE : [1]

Pour la mise en oeuvre de sa politique de transport aérien, l'Etat Algérien, dès l'indépendance, a choisi la compagnie nationale " Air-Algérie " .

En 1968, une seconde entreprise (la société de travail aérien) avait été créée pour prendre en charge le créneau du transport régional, de l'avion taxi, des activités de surveillance et d'épandages agricoles, mais elle fut vite absorbée (en 1974) et ses activités, qui avaient connu un développement appréciable, ont périclité, finalement, pour se maintenir au niveau de la surveillance des installations de transports d'hydrocarbures.

En 1984, suite à la croissance du trafic intérieur, Air-Algérie a été scindée en deux entreprises:

- a) - Air-Algérie réseau international.
- b) - Inter-Air-Service (IAS) pour le réseau intérieur.

Mais la séparation entre ces deux entreprises n'ayant pas été concluante, IAS est resté, pratiquement, dépendant d'Air-Algérie à 80% et, en l'espace de quelques mois a été, finalement, dissous et ses activités ont été réintégrées à l'entreprise mère.

### II.2. ANALYSE GLOBALE DE LA SITUATION :

- \* Entre 1970 et 1985, l'importante progression du trafic, alliée à des tarifs internationaux très confortables a permis à Air-Algérie d'accumuler d'importantes entrées financières, comblant très largement le déficit structurel du réseau intérieur qui ne représente d'ailleurs qu'une faible part du trafic global.
- \* Le développement de la demande a entraîné un accroissement de la flotte, des effectifs techniques et de la charge de travail.

La structure organisationnelle existante dans les années 1970 a pu, tant bien que mal, absorber cette croissance et ce surcroît d'activité. Mais il était devenu nécessaire, de manière évidente, de doter l'entreprise de moyens en adéquation avec son évolution.

Les nouvelles structures mises en place depuis 1980 avec l'introduction de méthodes modernes de gestion, ont permis à la compagnie nationale d'entamer sa mutation pour passer du stade d'entreprise régionale au stade d'entreprise de classe internationale.

\* La crise économique mondiale de 1985 avec ses conséquences sensibles sur le trafic, le retard dans le renouvellement de la flotte, la faiblesse des investissements, la crise du Golfe et, d'une manière globale, la situation générale du pays, ont amené Air-Algérie à être confrontée à des difficultés multiples et profondes, à savoir entre-autres:

- \* Un marché et un trafic très aléatoires.
- \* Une flotte vieillissante, peu performante et fort coûteuse.
- \* Une maintenance difficilement maîtrisée, limitant les possibilités de la flotte .
- \* Une qualité de service inférieure à la moyenne (en matière de ponctualité notamment).

#### II.2.1 LE MARCHÉ ET LE TRAFIC :

La clientèle d'Air-Algérie était traditionnellement composée de quatre types de passagers:

- a)- Les touristes nationaux qui se rendent à l'étranger pour diverses raisons (vacances, visites familiales, pèlerinage...).
- b)- Les émigrés venant passer leurs vacances au pays.
- c)- Les hommes d'affaires nationaux et surtout, étrangers.
- d)- Les missionnaires des administrations et entreprises publiques.

#### II.2.2 LA FLOTTE :

La flotte d'Air-Algérie se compose de 38 avions se décomposant comme suit:

**A) FLOTTE AIR-BUS 310 :**

MATRICULE	DATE DE MISE EN EXPLOITATION
7T - VJC	08 / 09 / 1984
7T - VJD	21 / 12 / 1984

**B) FLOTTE BOEING 767 - 300 :**

MATRICULE	DATE DE MISE EN EXPLOITATION
7T - VJG	01 / 07 / 1990
7T - VJH	19 / 08 / 1990
7T - VJI	14 / 10 / 1990

**C) FLOTTE BOEING 727 - 200 :**

MATRICULE	DATE DE MISE EN EXPLOITATION
7T - VEA	28 / 02 / 1971
7T - VEB	25 / 03 / 1971
7T - VEH	28 / 10 / 1974
7T - VEI	05 / 03 / 1975
7T - VEM	27 / 05 / 1976
7T - VEP	19 / 11 / 1976
7T - VET	21 / 09 / 1980
7T - VEU	23 / 09 / 1980
7T - VEV	10 / 03 / 1981
7T - VEW	12 / 03 / 1981
7T - VEX	06 / 05 / 1982

AGE MOYEN : 16 Ans
--------------------

D) FLOTTE BOEING 737 :

MATRICULE	DATE DE MISE EN EXPLOITATION
7T - VED	15 / 11 / 1972
7T - VEE	26 / 05 / 1973
7T - VEF	27 / 11 / 1973
7T - VEG	30 / 06 / 1974
7T - VEJ	12 / 04 / 1975
7T - VEK	24 / 04 / 1975
7T - VEL	05 / 06 / 1975
7T - VEN	13 / 04 / 1976
7T - VEO	21 / 05 / 1976
7T - VEQ	14 / 10 / 1976
7T - VER	12 / 02 / 1977
7T - VES	03 / 04 / 1977
7T - VEY	28 / 03 / 1982
7T - VEZ	09 / 12 / 1983
7T - VJA	16 / 12 / 1983
7T - VJB	16 / 12 / 1983

AGE MOYEN : 16,1 Ans
----------------------

\* A l'analyse, il s'avère qu'il s'agit d'une flotte relativement vieillissante (moyenne d'âge supérieure à 15 ans). Cette situation prend toute sa signification lorsque l'on sait que les grandes compagnies aériennes internationales changent leurs appareils après 06 ans d'exploitation.

Cette situation se repercute directement sur la maintenance. Celle-ci est contraignante et coûteuse. Le maintien en état de navigabilité conforme aux normes internationales exige de fréquentes immobilisations des avions pour inspection et remplacement des éléments hors normes.

Le nombre des pièces de rechange, de plus en plus important, occasionne des délais d'immobilisation plus grands et des coûts d'entretien plus élevés.

### II.3 LES ATOUTS D'AIR-ALGERIE :

Air-Algérie dispose d'un certain nombre d'atouts parmi lesquels il peut être mentionné:

- a) L'existence d'un personnel très qualifié possédant une grande expérience aussi bien en matière de maintenance des avions, de pilotage ou d'informatique (exploitation du réseau d'information).

La direction technique est, au sein de la compagnie, l'une des structures les plus importantes, par la taille (un effectif de 1800 personnes), la qualité de ses effectifs (20 % d'ingénieurs et de techniciens), et par l'importance des prestations fournies (maintenance de toute la flotte propre et interventions au profit de partenaires nationaux et étrangers).

- b) Une flotte fiable, en dépit de son âge.
- c) Une hôtellerie (catering) de bonne qualité.
- d) Un marché émetteur de passagers la plaçant en position très confortable pour d'éventuelles négociations sur les droits du trafic dans le contexte, prévisible, futur, de la déréglementation du transport aérien international.
- e) Un réseau intérieur très important (2 millions de passagers annuellement, soit le plus important en Afrique et au Moyen-Orient).
- f) Un potentiel touristique national particulièrement riche, varié, étendu dans l'espace et ouvert à toutes les tendances et à tous les goûts.

Ces atouts ouvrent de larges horizons et permettent à l'entreprise d'envisager avec sérénité des perspectives de développement.

**II.4. QUELQUES DONNEES CHIFFREES : [2]**

Air-Algérie est considérée, actuellement, comme étant l'une des compagnies aériennes les plus importantes au Maghreb aussi bien par sa taille que par le niveau et la qualité de ses prestations.

Dans ce contexte, il nous est apparu nécessaire de faire une comparaison avec d'autres compagnies aériennes, en matière de prestations fournies, et l'occasion nous est offerte de présenter un comparatif avec une grande compagnie, à savoir "Air-Canada", et deux autres compagnies de taille similaire à celle d'Air-Algérie (à savoir Royal-Air-Maroc et l'Entreprise BELGE SABENA).

Ce comparatif (cft tableaux 1, 2 et 3 ci-après) a porté sur les éléments suivants:

- \* La maintenance.
- \* Les performances du personnel navigant.
- \* Les performances du personnel au sol.

**TABLEAU 1 : LA MAINTENANCE**

	A/ALGERIE	A/CANADA	ROYAL A/MAROC	SABENA
EFFECTIF/MAINTENANCE	1788	3287	1515	2735
NOMBRE AVIONS	38	105	31	34
AGE MOYEN FLOTTE	11	ND	ND	ND
NOMBRE DE VOL	45011	142000	37500	88500
NBRE HEURES DE VOL	78000	324000	77000	162000
EFFECTIF/NBRE AVIONS	47	31	49	80
NOMBRE VOLS/EFFECTIFS	25	43	25	32
NBR. H.VOLS/EFFECTIFS	44	98	51	59

**TABLEAU 2 : EFFICACITE DU PERSONNEL NAVIGANT**

	AIR ALGERIE	AIR CANADA	ROYAL A/MAROC	SABENA
NOMBRE DE VOLS	45011	142000	37500	88500
NOMBRE HEURES DE VOL	78000	324000	77000	162000
NBR PASSAGERS TRANSP	3500000	10664000	2139000	3650000
NOMBRE DE VOL/PNT	91	112	113	194
NBRE HEURES VOLS/PNT	157	255	234	355
NBRE PASSAGERS/PNT	7057	8410	6500	8000
NBRE DE VOL/PNC	63	46	58	78
NBRE HEURES VOLS/PNC	110	105	120	143
NBRE PASSAGERS/PNC	4923	3480	3340	3230

TABLEAU 3 : EFFICACITE DU PERSONNEL AU SOL (PSL)

	AIR ALGERIE	AIR CANADA	ROYAL A/MAROC	SABENA SABENA
NOMBRE DE VOLS	45011	142000	37500	88500
NBR PASSAGERS TRANSP	3500000	10664000	2139000	3650000
NOMBRE DE VOL/PSL	6	9,8	8,3	10,7
NBRE PASSAGERS/PSL	473	736	474	442

Nous remarquons que pour la compagnie AIR-CANADA qui dispose de la plus grande flotte ainsi que du plus grand réseau d'exploitation, l'effectif de maintenance par avion est le moins important.

Ceci montre que l'activité de maintenance dans les trois autres compagnies est moins efficace .

### II.5. PERSPECTIVES :

Les perspectives de développement de la compagnie nationale qui s'inscrivent dans un cadre optimiste, peuvent s'analyser à partir des éléments suivants:

- a) L'existence de nombreux atouts significatifs (cft § II.3).
- b) L'existence d'un vaste réseau d'exploitation généré en particulier par les nouveaux pôles économiques repartis sur l'ensemble du territoire national (Oran, Constantine, Annaba pour la région nord, Hassi-Messaoud, Ghardaia, In-amenas pour la région sud).
- c) La politique de grands travaux et de développement des régions du sud du pays engagée par les pouvoirs publics.
- d) L'assainissement de l'économie nationale et la politique de développement des hydrocarbures.
- e) La nouvelle politique de développement du tourisme.

Face à cette situation, le plan de développement de l'entreprise est appelé à faire face aux objectifs suivants:

- 1) Adapter le réseau aux nouveaux besoins de transports.
- 2) Répartir ses moyens humains, matériels, commerciaux dans le sens de l'optimisation des services aériens tout en assurant la satisfaction des exigences de la clientèle.

## PROBLEMATIQUE :

Parmi les moyens préconisés pour atteindre ses objectifs, l'entreprise a inscrit la décentralisation de certaines activités liées à l'exploitation, notamment les activités de maintenance.

Pour apporter un éclairage à cette préoccupation, il nous semble nécessaire, ici, de donner les précisions et informations suivantes:

- A) Les activités de maintenance sont, actuellement, centralisées au niveau de la base mère (Alger).

Cela se traduit par une saturation des installations et des parkings.

- B) La réglementation aéronautique internationale exige, après une exploitation mesurée en heures de vol et en nombre de vols (cycles), des inspections, des vérifications, des remplacements d'accessoires et des mises au point.

Les vérifications et les inspections entraînent, souvent, des réparations ou corrections qui doivent être exécutées avant le prochain vol.

- C) L'exploitation du réseau court et moyen courrier (soit plus de 60% de la flotte vive de l'entreprise) nécessite de petites opérations d'entretien et de dépannage pendant les heures de nuit (entre 20 H et 04 Heures du matin) afin d'assurer les départs du lendemain .

- D) Il arrive que des avions soient immobilisés, dans des escales comme Oran ou Constantine, pour des raisons de programmation, pendant plus de 12 heures consécutives. Cette période, relativement longue, pourrait être mise à profit pour effectuer des interventions de maintenance.

Le programme de décentralisation vise la création de "Hangars Régionaux" au niveau d'Oran, Constantine, Annaba, Ghardaia et Tamanrasset.

Il concerne les visites d'entretien des avions moyen courrier (Boeing 727 et 737), ayant une périodicité inférieure à 2 mois (ainsi l'appareil affecté à une base régionale ne rentrerait à la base mère pour des raisons techniques qu'une fois par an afin d'y effectuer une visite d'entretien plus importante).

L'objectif assigné est le dimensionnement des moyens de maintenance à mettre en place au niveau d'une base régionale pour répondre aux besoins d'entretien du programme d'exploitation sur une période donnée.

La prise en charge de l'objectif ainsi exprimé et qui constitue l'objet de la présente étude nécessite, en premier lieu, d'aborder, dans le détail, la notion de planning de production et la gestion qui est une référence dans le domaine de l'organisation de la maintenance aéronautique.

Ceci permettra, entre autre, de mieux comprendre et d'apprécier l'étude pratique qui suivra.

### **III. LE PLANNING DE PRODUCTION ET LA GESTION DANS LE DOMAINE DE LA MAINTENANCE AERONAUTIQUE [3]**

Les enjeux économiques considérables et la concurrence féroce qui régnent dans le domaine du transport aérien international, ont rendu nécessaire, pour les entreprises de transport aérien la recherche d'une efficacité maximale des appareils dans le but d'augmenter le potentiel de ces derniers et d'offrir, parallèlement, un niveau de satisfaction, de plus en plus élevé à leur clientèle.

Dans ce contexte, le planning de la production et la gestion dans le domaine de la maintenance et de l'ingénierie apparaissent comme étant des activités essentielles.

Le planning est l'activité qui organise des travaux avant leur réalisation physique avec un programme détaillé destiné à mener à bien un objectif précis dans les meilleures conditions.

La gestion suit nécessairement toute activité planifiée afin d'assurer la conformité des performances réalisées avec le programme prévu.

Leur objectif est de maximiser la contribution de la maintenance et de l'organisation de l'ingénierie à travers notamment :

- \* Une mise à disposition à temps des appareils afin d'éviter la perturbation des plans d'exploitation prévus.
- \* Une minimisation des temps de mise à sol des avions afin d'aboutir à une exploitation maximale de ces derniers.
- \* L'utilisation optimale des ressources (humaines, matérielles ou logistiques).

Le champ d'action du planning recouvre tout le processus de production depuis la prévision des travaux de maintenance jusqu'à la remise en vol de l'appareil concerné.

Il comporte huit (08) phases essentielles qui seront analysées et détaillées ci-après:

### III.1. LA PREVISION DE LA PRODUCTION :

C'est une opération destinée à déterminer les moyens de maintenance nécessaires pour assurer la demande induite par les plans opérationnels et techniques.

Son objectif principal est de fournir une estimation aussi fiable que possible des besoins en moyens de maintenance.

Elle se base, pour cela, sur toutes données concernant cette maintenance (données historiques propres à tout organisme de maintenance; données techniques fournies par les constructeurs et/ou organismes techniques).

Il pourrait être schématisé et dire que la prévision de la production représente essentiellement la fonction qui établit à partir de données techniques et historiques disponibles, la meilleure estimation des préoccupations suivantes :

- Que faire ?
- Quand sera-t-il nécessaire de le faire ?
- Où cela sera-t-il fait ?

Dans ce cadre bien défini la prévision de la production aura à :

- a) Assurer que les plans relatifs aux moyens humains et aux équipements sont utilisés de manière optimale (minimisation des temps improductifs des moyens de production).
- b) Définir l'estimation des coûts engendrés résultant, notamment :
  - \* Des taux d'inoccupation.
  - \* Des matériels utilisés.
- c) Prendre en compte les capitaux investis (ex: les nouvelles installations, les nouveaux équipements...).

Les préoccupations qui précèdent impliquent une organisation et un système de contrôle induisant plusieurs niveaux d'interventions; ainsi :

\* Chaque type d'activité de maintenance doit être effectué dans les délais normatifs pour assurer un niveau adéquat d'exploitation des avions et ce, en considérant les contraintes qui limitent les capacités de production (ressources humaines - équipements etc...).

\* Les demandes de travaux de maintenance doivent découler d'une prévision très précise et ce, dans l'optique de déterminer, d'abord, l'optimum résultant des moyens humains et matériels, et, ensuite, l'allocation de ces ressources dans les chantiers d'entretien.

\* Chaque travail réduit à une série de tâches spécifiques devra être contrôlé pour s'assurer que l'atelier ou le moyen de production a été exploité de façon maximale, et que la tâche a été correctement effectuée.

### III.1.1 LE PROCESSUS DE LA PREVISION DE LA PRODUCTION : (cft schéma n°1 )

Le plan opérationnel de toute compagnie aérienne s'articule autour d'une flotte aérienne comportant un certain nombre d'avions et d'un potentiel humain composé de personnels navigants et techniques.

En rapport avec la maintenance des aéronefs, les plans opérationnels doivent s'assurer de la disponibilité de la flotte vive, au moment voulu, à l'endroit prévu et surtout au coût le plus bas.

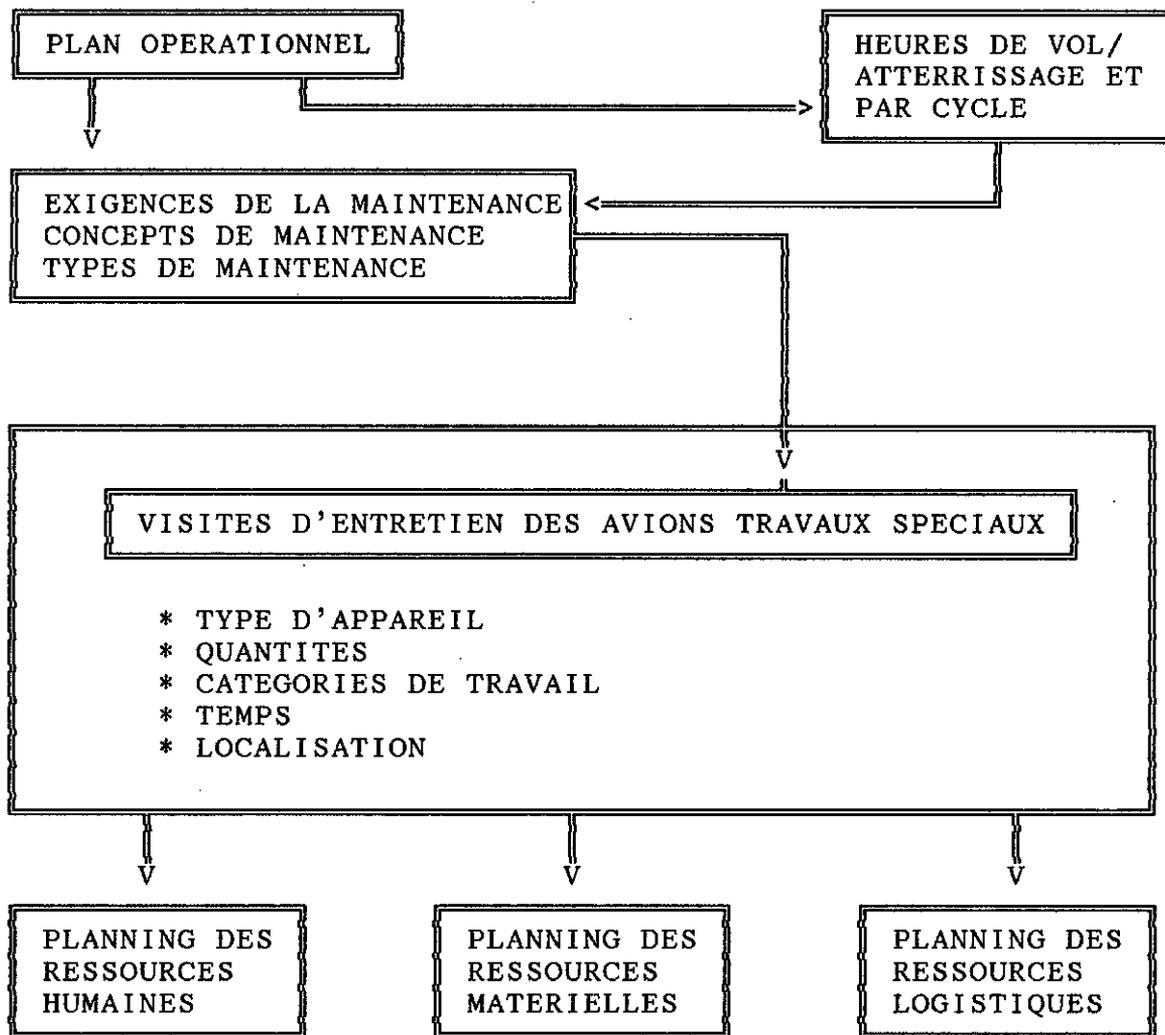
Le plan de production obtenu par prévision représente, en fait, une évaluation économique et constitue un support à toute décision managériale concernant le plan opérationnel (Cette remarque est illustrée par le schéma n° 2).

### III.1.2. LE DOMAINE D'APPLICATION DE LA PREVISION DE PRODUCTION:

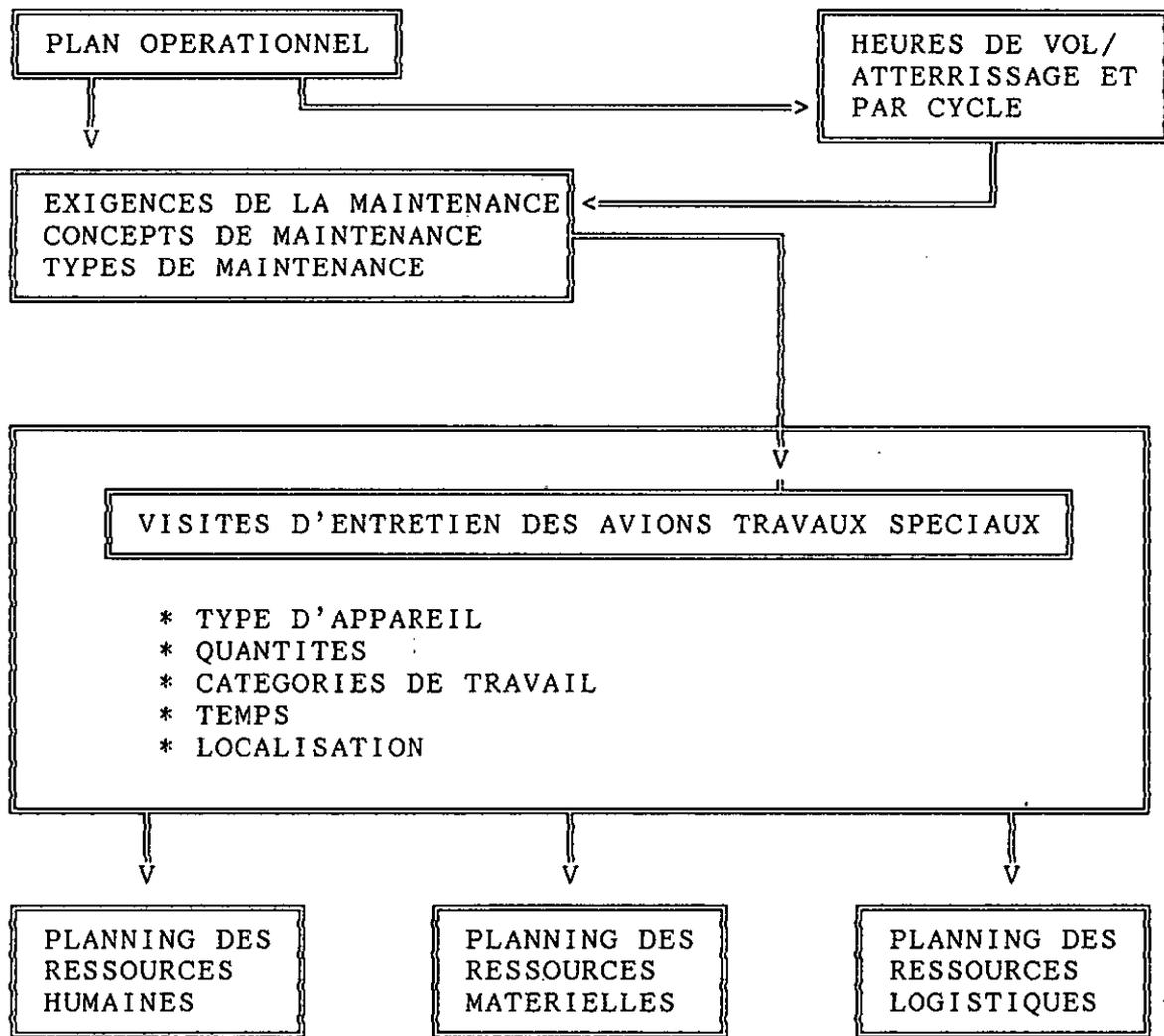
La prévision de production doit, obligatoirement, établir une base de données à partir de laquelle les informations suivantes pourront être obtenues :

- a) Savoir si les ressources disponibles sont suffisantes pour être utilisées comme support adéquat de maintenance.
- b) Estimer un budget de production optimisant les ressources effectives avec un coût minimal.
- c) La justification, si nécessaire, d'un plan de développement des capacités de production (Construction de hangars, augmentation des ressources humaines, achat de nouvelles installations).

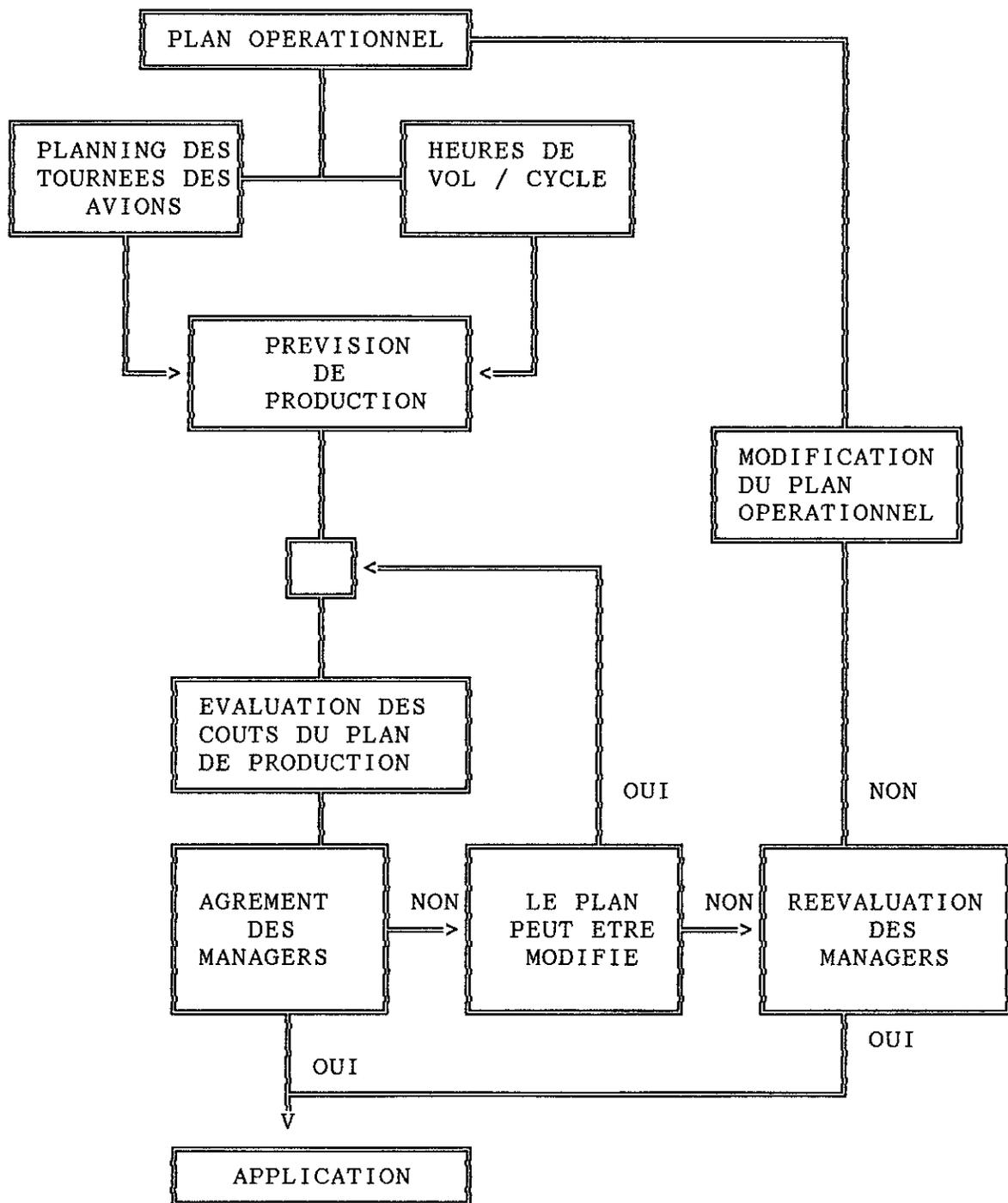
Il faut noter aussi que la pertinence d'une prévision dépend largement des données recueillies par les systèmes opérationnels de collecte.



**SCHEMA N° 1 : LE PROCESSUS DE LA PREVISION DE LA PRODUCTION**



SCHEMA N° 1 : LE PROCESSUS DE LA PREVISION DE LA PRODUCTION



SCHEMA N° 2 : EVALUATION DE LA PREVISION DE PRODUCTION

Ces données seront traitées par un programme mathématique qui assurera l'interprétation des résultats.

Lors de l'établissement d'une collecte d'information, il est souvent important de considérer les points suivants :

- \* La taille et le type d'organisation que suit la base considérée.
- \* Le niveau des ressources disponibles en terme de support d'enregistrement des données ou des installations informatiques.

L'utilisation de standards bien définis produira, en accord avec les éléments concernant les ressources, les arrangements contractuels et autres, un plan de production qui sera d'autant plus réaliste que tous les paramètres cités ci-dessus seront maîtrisés et bien identifiés.

Une fois établi, le programme de prévision pourra communiquer un nombre d'informations dont on peut citer :

- \* Les taux d'activité, le nombre de personnes (les ressources humaines) requis pour une période déterminée dans un domaine de travail spécifique.  
Par ex : \* Au niveau de la maintenance en ligne.  
\* Dans les ateliers "Moteurs".  
\* ...etc.
- \* L'allocation et la disposition des ressources.  
Par ex : \* La disponibilité des hangars.  
\* Les entrées et sorties (programmation des passages)...etc.
- \* Les coûts engendrés par les plans de travail en termes de frais du personnel.
- \* Les mesures de performance et le respect des standards.

La finesse du plan dépend des exigences formulées en matière de maintenance, mais, toutefois, elle reste tributaire de la taille de l'aéroport (ou de la base).

Ceci ne veut pas dire qu'une base dans laquelle transite un faible nombre d'avions n'a pas besoin d'avoir recours à un plan de production et donc ne serait plus obligée de faire des prévisions.

En fait, qu'une base fonctionne avec 10 ou 100 appareils, le planning production et la gestion doivent rester des fonctions essentielles et cela évidemment dans le cas où la base désire fonctionner comme une entreprise commerciale viable.

La taille ou la dimension de la base pourrait servir toutefois à établir la méthode à suivre pour prévoir la production.

Dans la pratique la prévision de production est généralement préparée et développée par des groupes de spécialistes du département de planning de production et de contrôlé (PPC).

Le personnel requis dans ce type d'activité qu'est la prévision de production dans le domaine aéronautique doit disposer de connaissances dans des domaines parfois singulièrement différents de la maintenance des avions.

Les points suivants indiquent l'ensemble des domaines maîtrisés par les spécialistes du (PPC) :

- a) Avoir une bonne connaissance de toutes les branches essentielles de la maintenance aéronautique (Avionique, Moteur, Cellule...).
- b) Avoir une connaissance des techniques de Génie Industriel incluant l'étude des postes de travail, (Ergonomie...etc), l'analyse des données...
- c) La maîtrise des techniques de recherche opérationnelle en faisant référence spécialement aux méthodes et modèles de simulation qui sont largement utilisés par la majorité des compagnies aériennes, ainsi que les gestions des files d'attente et la résolution des problèmes linéaires.
- d) La connaissance des méthodes de comptabilité analytique (pour l'analyse des coûts).
- e) La connaissance des méthodes et des standards de contrôle de qualité aéronautique.
- f) Il leur sera aussi indispensable de connaître ou de savoir apprécier les contraintes commerciales et opérationnelles auxquelles sera soumise l'organisation de la compagnie.

### III.2. LA PREPARATION DES STANDARDS ET DES METHODES :

Cette démarche consiste à spécifier, pour chaque type de travaux, la méthode ou la procédure à suivre, les équipements à utiliser ainsi que les documents et les plans nécessaires pour assurer un déroulement adéquat de l'exécution.

Elle doit donner les informations suivantes :

- . Le standard des temps écoulés à chaque tâche.
- . Le nombre de personnes nécessaires, leurs qualifications, le nombre d'heures de travail qui leur est imparti.
- . Les matériaux utilisés (type et quantité).
- . la logistique de sol à mettre en place.

#### III.2.1. LES STANDARDS :

La mesure de la qualité et de l'efficacité d'un travail nécessite une étude de toutes les opérations qui le composent.

Cette étude permettra de sélectionner la meilleure méthode d'exécution et d'établir ainsi un standard.

Pour répondre à cet objectif la technique utilisée est une réponse aux questions suivantes :

- \* Qu'avons nous réalisé ?
- \* Comment l'avons nous fait ?
- \* Qui l'a fait ?
- \* Combien de temps cela nous a-t-il demandé ?

#### III.2.2. L'EVALUATION DES STANDARDS DE TEMPS DE TRAVAIL :

Le temps standard d'un travail est la durée de temps optimale nécessaire pour effectuer ce travail.

Cette durée comprend les temps d'exécution opérationnelle d'une part, et les temps d'inactivité ainsi que les éventuels retards pouvant être occasionnés d'autre part.

Il existe, à cet effet, plusieurs techniques pour calculer ces standards de temps. Nous citerons :

- a) LE CHRONOMETRAGE :
- b) LA SYNTHETISATION :
- c) L'ESTIMATION ANALYTIQUE :
- d) L'ECHANTILLONNAGE DES ACTIVITES :

#### III.2.4. LES STANDARDS DE MATERIEL :

L'évaluation de standards de matériel se fait généralement de deux (02) façons :

- a) Par recensement historique (comptabilisation, Historical Accounting)
- b) A l'aide des plans matériels.

#### III.3. LE PLANNING DES RESSOURCES HUMAINES :

Il est basé directement sur les prévisions de production et du standard de méthode.

Le planning des ressources humaines fera en sorte d'accomplir les travaux prévus de la manière la plus économique et dans les meilleures conditions. Ceci se fait en considérant:

- . Les heures de travail nécessaires à chaque personne ainsi que la qualification qui lui est requise.
- . Les portions de temps perdues, dues à l'absentéisme, l'inactivité du personnel...etc
- . La proportion du travail temporaire.

#### III.4. LE PLANNING DES RESSOURCES MATERIELLES :

Parallèlement aux ressources humaines, le planning des ressources matérielles considère tous les matériels nécessaires à l'exécution des travaux ainsi que leurs quantités.

#### III.5. LE PLANNING DES MOYENS LOGISTIQUES :

Représente tout le support logistique requis par les moyens humains et matériels afin d'exécuter le travail prévu. Il doit fournir les détails concernant les équipements, les types d'outils, la dimension du hangar, les différents ateliers.

### III.6. LE SUIVI ET LA GESTION DE LA PRODUCTION :

Les principales actions menées a cet effet sont :

- . L'assignement pour chaque tâche d'une date spécifique pour son exécution avec une durée limitée de temps opératoire (donnée par les standards).
- . L'allocation des ressources humaines adéquates dans les hangars et ateliers.
- . La répartition des ressources humaines par spécialité en leur affectant des cartes de travail qui leur indiquent les opérations à effectuer.
- . Le contrôle de toutes les durées d'exécution au niveau de chaque tâche.
- . L'enregistrement des heures de travail oeuvrées (réellement effectuées).
- . L'enregistrement des quantités de matériel utilisé au cours des travaux.

### III.7. L'ANALYSE DES PERFORMANCES DE LA PRODUCTION :

Quand une production est achevée il est nécessaire d'analyser les performances réalisées afin de pouvoir remédier aux insuffisances constatées.

La performance de toute opération est basée sur :

- . L'étude des temps d'immobilisations dûe aux opérations de maintenance.
- . L'estimation des pertes engendrées par l'immobilisation des appareils.
- . La productivité et le taux d'utilisation des ressources humaines.
- . L'inventaire des matériaux utilisés avec toutes les précisions concernant l'état des stocks ainsi que les situations de rupture de stocks.

- 
- . Le taux d'utilisation des équipements logistiques de sol.
  - . Les performances de travail et les déviations par rapport au standard (concernant les temps alloués).

Après avoir détaillé et montré l'importance du PPC dans le domaine de la maintenance aéronautique, nous allons passer à la présentation et au développement de notre sujet.

ceci fera l'objet du chapitre suivant :

## IV. L'ETUDE PRATIQUE

### IV. 1 DEFINITION DE LA MAINTENANCE : [4]

La maintenance est, communément, définie comme étant "l'ensemble des opérations permettant de maintenir ou de rétablir un bien dans un état spécifié où il est en mesure d'assurer un service déterminé".

Maintenir, c'est effectuer l'ensemble des opérations qui permettent de conserver le potentiel du matériel pour assurer la continuité et la qualité de la production; et "bien maintenir", c'est, donc, assurer l'ensemble de ces opérations avec un niveau très élevé de sécurité et de fiabilité à un coût global optimal.

La notion de maintenance est une conception nouvelle qui s'inscrit dans le cadre de l'évolution et de la modernisation de l'outil de production.

Elle relève d'un état d'esprit qui impose une discipline et une manière de voir "en projection", se distinguant, ainsi, fondamentalement, du simple "entretien" qui consiste, certes, à dépanner, réparer, réaliser des opérations de prévention mais tout ceci dans un objectif immédiat, sans vision projetée, dans un contexte "subi".

La conception moderne de la maintenance a entraîné un changement profond dans les entreprises et, notamment, dans les mentalités.

Elle est devenue un centre d'intérêt fondamental exigeant, pour ce faire, la mise à disposition de moyens humains et matériels, une organisation adéquate, des règles méthodologiques strictes, une action coordonnée, réfléchie et cohérente, sur l'ensemble de ses composantes.

Les axes d'intervention essentiels dévolus à la maintenance peuvent s'analyser comme suit :

- . Classification des missions et des responsabilités (définition des orientations et objectifs).
- . Coordination des travaux inter-services au sein de l'entreprise).
- . Gestion des ressources humaines.
- . Organisation des travaux par l'introduction de méthodes, le suivi dans les différentes phases (préparation, ordonnancement, lancement, exécution), la gestion des stocks et l'emmagasinement, la gestion des coûts.

- . Etude de la logistique liée à la maintenance.
- . Adaptation des moyens et outils aux différentes situations.

## IV.2 LA MAINTENANCE A AIR-ALGERIE : [1]

Pour l'étude qui nous intéresse, à savoir le dimensionnement des moyens de maintenance d'une base régionale, il est utile de présenter, dans le détail, les visites d'entretiens concernées telles qu'elles se présentent au niveau de la base mère d'AIR-ALGERIE.

Il est nécessaire en premier lieu :

- . De définir l'organisation du travail
- . De donner la définition de quelques termes techniques utilisés.
- . De déterminer les exigences en matière de moyens humains et matériels (hangars, matériels et outillages).

### IV.2.1 L'ORGANISATION DU TRAVAIL :

L'organisation des entretiens en maintenance aéronautique est faite de telle manière que les appareils sont "partagés" en plusieurs zones distinctes les unes des autres; celles-ci sont les suivantes :

- LA ZONE "A" : Concerne le fuselage de l'appareil, le poste de pilotage et la cabine.
- LA ZONE "B" : Concerne la voilure de l'appareil, les trains (avant et arrière), les systèmes hydrauliques.
- LA ZONE "C" : Concerne les moteurs, les APU, et les différentes commandes de vol.
- LA ZONE "D" : (AVIONICS) Concerne les éléments d'électricité, de radio, d'équipement. (Climatisation, Pressurisation...etc).

Il faut noter aussi la division des activités de maintenance en six spécialité distinctes :

1. LA CELLULE ET L'HYDRAULIQUE
2. LES MOTEURS
3. L'ELECTRICITE
4. L'EQUIPEMENT
5. LA RADIO
6. LA CHAUDRONNERIE.

Il est important de préciser que cette division permet, d'une part de faciliter le travail dans les chantiers et, d'autre part, d'aboutir à une plus grande efficacité.

#### IV.2.2 DEFINITION DE QUELQUES TERMES TECHNIQUES : [5]

##### IV.2.2.1 VERIFICATION :

Elle s'effectue par examen visuel et/ou action manuelle pour :

Les fixations correctes, les systèmes de freinage, les goupilles, les clavettes, les desserrages ou pertes de moyens d'assemblage, les desserrages des tuyauteries, les connexions électriques, les alignements corrects.

##### IV.2.2.2 L'INSPECTION :

S'effectue par examen visuel minutieux pour: Les dommages subis, les criques, les niveaux de pression, les fuites de fluide ou de pression, les usures, la corrosion, la rouille, les évidences de surchauffe, les frottements, le vieillissement, les peintures de protection ou finition, la propreté et l'aspect général de l'appareil.

L'inspection s'applique à un ensemble d'éléments ou composants qui a été remis en condition normale spécifiée et en accord avec les procédures et limites indiquées dans les manuels d'entretien avion. Par exemple : remplissage des réservoirs, hydraulique, bouteilles d'air, extincteurs, amortisseurs, turbines..etc.

##### IV.2.2.3 LE CONTROLE DE FONCTIONNEMENT :

C'est un essai de circuit ou de composant pour en déterminer le fonctionnement normal; par exemple : Déterminer la liberté de mouvement d'un circuit de commande, observation d'un bruit anormal, d'une vibration au niveau des réacteurs...etc.

Les contrôles de fonctionnement sont nécessaires pour vérifier une action corrective suite à des défauts signalés par l'équipage de l'avion après remplacement de composants et lorsque ceci est spécifié par le constructeur.

#### IV.2.2.4 LES ESSAIS FONCTIONNELS :

Ce sont des examens détaillés d'un circuit complet (ou d'un composant), destiné à déterminer s'il fonctionne dans les limites des mouvements, (taux de débits, température, pression, régime...etc) comme prescrit dans le manuel d'entretien avion. Les essais fonctionnels sont nécessaires :

- Pour vérifier une action corrective à des défauts signalés par l'équipage,
- Pour le remplacement de composant,
- Lorsqu'ils sont spécifiés par le constructeur.

#### IV.2.2.5 LA PERIODICITE D'ENTRETIEN : [6] [Cft Annexe C]

La périodicité est la durée de temps exprimée en heures de vols qui sépare deux visites d'entretien de même type.

L'espacement des intervalles de temps entre visites d'entretien est un facteur majeur dans la réduction des coûts totaux de maintenance directe et des temps d'inactivité des appareils (un appareil au sol coûte cher).

La programmation idéale d'une visite de maintenance est celle qui sera adaptée de façon à assurer un maximum de fiabilité et de serviabilité des appareils sans compromettre la sécurité des vols et sans générer des coûts de maintenance excessifs. De plus, le programme idéal devra égaliser les taux d'activités du personnel technique et par ailleurs minimiser sa taille.

L'espacement des visites de maintenance devient coûteux lorsque le taux des réparations par visite (travaux non protocolaires), et lorsque la fluctuation des niveaux d'activités est telle que les coûts engendrés par la maintenance par heure de vol augmente au lieu de diminuer.

La détermination des intervalles entre les visites se base sur les éléments suivants :

- 1) La disponibilité d'avions pour assurer les plans opérationnels et commerciaux.
- 2) La recherche de compromis : augmentation et égalisation des taux d'activité par visite contre toute diminution des nombres d'heures de travail (Man Hours) par heures de vol.
- 3) L'utilisation des ressources humaines et logistiques de la base considérée.

- 4) La taille (la dimension) des ressources (afin de régler les pics de taux d'activités).
- 5) Le nombre des visites effectuées par semaine (pour essayer de les espacer).
- 6) L'âge de la flotte.
- 7) Les performances horaires où les temps d'immobilisation par visite.
- 8) la qualification du personnel technique.
- 9) Les capacités de stockages des composants, les ateliers disponible...

#### IV.2.3 LES EXIGENCES EN MOYENS HUMAINS ET MATERIELS : [7]

##### IV.2.3.1 LES HANGARS :

Pour l'entretien des aéronefs dans une base, il est nécessaire que les hangars qui leur sont destinés soient à la fois disponibles et assez vastes pour les abriter.

La protection contre les intempéries est liée aux conditions météorologiques normales qui régissent localement.

Celles-ci sont généralement prévisibles sur une période de 12 mois. Elles ne doivent, en aucun cas, être la cause d'inefficacité.

Pour cette raison, les structures des hangars et des ateliers d'éléments d'aéronefs doivent correspondre à une norme interdisant la pénétration de pluie, grêle, givre, neige, poussière...

Les sols des hangars doivent être étanches afin de minimiser la génération de poussières.

- \* Les hangars utilisés pour abriter des aéronefs ainsi que les locaux servant de bureaux doivent être à même de garantir que les conditions de travail permettent au personnel d'effectuer des tâches efficacement.
- \* La température doit être maintenue à un niveau compatible avec l'accomplissement par le personnel de ses tâches sans effort inacceptable.
- \* Les poussières et toutes autres contaminations aériennes doivent être maintenues à un seuil minimal; elles ne doivent pas atteindre un niveau dans lequel une contamination des surfaces visibles des aéronefs devient apparente.

- \* L'éclairage doit être de nature à garantir que chaque tâche d'inspection ou d'entretien soit menée à bien.
- \* Les niveaux de bruit toléré ne doivent pas atteindre le point où le personnel serait gêné dans ses tâches d'inspection.

Dans les lieux où il n'est, par contre, pas possible de maîtriser le bruit, le personnel devra être doté d'équipement nécessaire pour prévenir toute gêne due à un bruit excessif.

#### IV.2.3.2. LES PERSONNELS :

Dans le souci d'obtenir une cohésion parfaite sur les lieux d'activité ou de travail, un responsable ou un groupe de responsables acceptable par l'organisation doit être désigné.

Il lui incombera, entre autres, de s'assurer que l'organisme d'entretien satisfait, au mieux, aux exigences de qualité requises.

En fonction du domaine considéré (la maintenance légère dans le cas qui nous intéresse), l'organisme doit disposer:

- D'un responsable d'entretien en base principale.
- D'un chef d'atelier.
- D'un responsable de la qualité.

- \* Le dirigeant responsable doit, impérativement, s'assurer que toutes les ressources nécessaires sont disponibles pour accomplir l'entretien en accord avec les consignes d'agrément; il doit aussi s'assurer que tout l'entretien à effectuer dans les hangars ainsi que toutes les interventions correctives menées répondent aux règles de conception et de qualité prescrites par la réglementation aérienne.
- \* Le chef d'atelier est tenu, quant à lui, de s'assurer que la totalité du travail effectué sur des éléments d'aéronefs répond aux règles prescrites; il est également responsable des actions correctives résultant de la surveillance par le système de qualité.
- \* Le responsable de la qualité est tenu de surveiller la conformité de l'organisme et de demander aux responsables concernés les actions correctives nécessaires.

Toutefois, il est important de noter que les dirigeants mentionnés plus haut doivent avoir des connaissances appropriées ainsi qu'une expérience suffisante dans le domaine de l'entretien aéronautique.

L'organisme d'entretien doit employer un personnel suffisant pour planifier, effectuer, surveiller et contrôler ses travaux conformément aux règlements.

Pour établir la conformité l'organisme d'entretien devra avoir un plan de production en hommes/heures faisant apparaître un nombre d'hommes suffisant pour les travaux qu'il est prévu d'effectuer.

La compétence du personnel impliqué dans l'entretien doit être établie suivant une procédure et des règles acceptables pour l'organisme.

En effet, cette procédure demande, entre autres que les planificateurs, mécaniciens, chefs d'équipe et personnels habilités à prononcer l'approbation pour remise en service d'un appareil soient soumis à une évaluation de leur compétence, soit "sur le tas" soit par examen lié à leur fiche de poste individuelle au sein de l'organisme avant qu'ils ne soient autorisés à exercer leur activité sans surveillance. L'objectif fondamental de cette évaluation est :

De s'assurer que les planificateurs sont en mesure de traduire les exigences d'entretien en tâches d'entretien, et qu'ils ont conscience qu'ils ne sont pas autorisés à s'écarter du programme d'entretien de l'aéronef.

De s'assurer que les mécaniciens sont capables d'effectuer des tâches d'entretien suivant toute norme précisée dans les instructions d'entretien.

Les chefs d'équipes doivent être en mesure d'assurer que toutes les tâches d'entretien requises sont effectuées, et, lorsque ce n'est pas le cas ou lorsqu'il est évident qu'une tâche particulière ne peut être exécutée suivant les règles d'entretien, que ces problèmes sont signalés au service de qualité et qu'ils sont acceptés par celui-ci.

#### IV.2.3.3. OUTILLAGES ET MATERIELS :

L'exécution de toute opération de maintenance doit être associée à une utilisation indiquée d'un support logistique convenable.

Il est important en effet que l'organisme d'entretien détienne des instruments, outillages et matériels nécessaires pour effectuer les travaux conformément aux exigences de la réglementation aéronautique.

Il est nécessaire que tous les outillages et instruments spécifiés dans la documentation technique du constructeur soient disponibles ou peuvent être disponibles au moment voulu, car quand le constructeur préconise un outillage ou un instrument particulier, celui-ci doit impérativement être utilisé sauf dans le cas particulier où il est permis par le département de qualité de s'en passer.

La disponibilité des instruments et outillages signifie une disponibilité permanente sauf si le besoin de l'instrument ou de l'outillage est si rare que sa disponibilité permanente n'est pas obligatoire. Il pourrait, à cet effet, faire l'objet d'un prêt ou d'une location auprès d'un organisme tiers.

#### IV.2.4 PRESENTATION DES VISITES DE MAINTENANCE :

L'entretien des appareils est assuré par des visites de types différents réparties dans le temps d'utilisation exprimé en heures de vol.

Elles sont classées selon les 4 types de critères suivants :

- 1) Le petit entretien.
- 2) le grand entretien.
- 3) les visites spéciales.
- 4) les opérations diverses.

\* Pour les besoins de notre projet, nous ne considérons que le petit entretien.

Le petit entretien est assuré par des visites mineures dont l'importance varie en fonction du nombre d'heures de vol de l'avion. Elles sont au nombre de 2 (les visites de transit et les visites intercalaires) :

##### IV.2.4.1 LES VISITES DE TRANSIT :

Elles assurent de la condition de l'avion en escale et avant remise en courrier au départ de la base.

Elles diffèrent en fonction du lieu d'escale et du temps d'immobilisation de l'avion d'où leur désignation respective :

- a) LE TRANSIT ESCALE (T1) : Il comprend les opérations de vérification à effectuer sur un avion stationnant moins de 6 heures dans une escale quelconque.
- b) LE TRANSIT BOUT DE LIGNE (T2) : Il comprend les opérations de vérification à effectuer sur un avion stationnant plus de 6 heures dans une escale autre que la base mère. Il permet d'effectuer, éventuellement, certains travaux différés compatibles avec la durée d'immobilisation de l'avion.
- c) VISITE DE TRANSIT (T3) : La visite de transit (T3) est une visite d'entretien quotidienne; elle est obligatoire pour tous les appareils se trouvant à l'arrêt pendant une durée dépassant six (06) heures.

Elle peut être effectuée dans deux cas :

1. Sur les avions transitant par une base quelconque (qui possède, évidemment, les moyens de maintenance nécessaires) pour une escale de plus de six (06) heures, pendant laquelle l'opération peut être réalisée.

Cette situation se présente souvent dans le plan d'exploitation d'AIR-ALGERIE.

Il arrive, en effet, très souvent, qu'un appareil programmé pour le départ à une heure donnée (ex: 19H) soit acheminé vers cet aérodrome dès 8 Heures du Matin (soit une escale de Onze Heures Creuse).

2. Sur les avions qui reviennent à leur base mère pour la nuit et qui ne seront remis en exploitation que le lendemain.

Les opérations effectuées lors de la visite de transit (T3) sont, essentiellement, de deux types :

- a) CORRECTIVES : Interventions urgentes suite aux indications du personnel navigant ou suite aux anomalies décelées au cours de l'intervention elle-même.
- b) PROTOCOLAIRES : Il s'agit, ici, de séries de vérifications et d'inspections visuelles indiquées par les cartes de travail. Elles sont généralement superficielles et demandent peu de temps d'intervention.

Les durées d'intervention des (t3) sont généralement très fluctuantes; elles peuvent varier du simple double.

Cette situation est largement due au vieillissement de la flotte aérienne d'AIR-ALGERIE (qui à plus de 16 ans de moyenne d'âge) et qui fait qu'il y a toujours des réparations à effectuer. Dans certains cas, il arrive que les opérations soient remises à plus tard (quand elles ne sont pas urgentes) lorsqu'une visite plus importante (V1, V2, ou autre) est très prochainement programmée.

#### IV.2.4.2 LES VISITES INTERCALAIRES :

Se sont des visites périodiques. Elles se situent en position intercalaire entre 2 visites de maintenance dites "Lourdes" ou "visites de bloc" dont la durée peut dépasser un mois et qui ne peuvent être réalisées qu'au niveau de la base mère.

Elles permettent d'assurer la continuité de condition des avions. Elles incluent un ensemble d'inspections de routine déterminées par les cartes de travail (TASK CARDS).

Tous les travaux de réparation générés par les inspections y seront accomplis entièrement (opérations de maintenance différées concernant certains instruments de bord, nettoyage interne et externe de l'appareil, retouches de peintures, remplacement des équipements ou composants défectueux, élaboration d'essais fonctionnels et opérationnels sur les systèmes et composants de l'appareil etc...).

Les visites intercalaires considérées dans notre cas sont :  
La V1 et la V2.

**LA V1** : c'est une visite planifiée qui est actuellement programmée toutes les 170 ( $\pm$  20) Heures de vol.  
Elle comprend toutes les opérations d'entretien de base à effectuer sur l'avion. Elle inclue plus en détail les opérations effectuées en transit. Sa programmation se fait sans perturber le plan de vol de l'appareil concerné.  
Elle est effectuée immédiatement après son arrivée à la base.

**LA V2** : C'est une visite planifiée qui est actuellement programmée toutes les 500 ( $\pm$  50) Heures de vol.  
Elle inclue, de façon plus détaillée, les opérations effectuées en V1, et permet aussi, éventuellement, d'effectuer des travaux compatibles avec l'immobilisation de l'avion.  
Vu sa relative lenteur (5 à 6 Heures), sa programmation perturbe le plan de vol de l'appareil concerné. Celui-ci ne volera pas le jour où il doit effectuer un entretien V2.

#### IV.2.4.3 LA COLLECTE DES DONNEES (CONCERNANT LES VISITES):

Comme il a été expliqué plus haut, l'organisation du travail d'entretien en maintenance aéronautique se base sur la décomposition des tâches par spécialité (cellule, moteur, ...).

Chaque spécialité dispose alors d'un ensemble de directives ou de prescriptions indiquées dans des cartes protocolaires appelées cartes de travail "tasks cards".

Ces dernières sont préalablement préparées au niveau du bureau des méthodes et ce, en se basant scrupuleusement sur les directives des constructeurs et des organismes internationaux.

Les cartes de travail sont sensées donner des informations complètes concernant toutes les opérations à effectuer qu'elles contiennent, informations donnant, entre autres :

- a) Le temps nécessaire pour effectuer les opérations contenues dans la carte (en Hommes/Heures).

- b) Le nombre nécessaire ainsi que la qualification du personnel requis pour effectuer les opérations à réaliser.
- c) La description de certaines exécutions (lorsqu'elles sont compliquées).

Cependant l'absence de normes prés-établies, spécifiques a chaque tâche au niveau de la Direction Technique d'AIR-ALGERIE, et l'omission ou l'inexistence de certains standards importants tels que ceux cités ci-dessus, nous ont contraints à effectuer quelques calculs sur le terrain à l'occasion de contacts répétés dans les hangars lorsque des visites T3, V1, V2 étaient programmées.

Nous avons tenté de suivre chaque spécialité d'intervention par type d'avion, (B27, B37) et de visite (T3, V1, V2) pendant l'exécution des travaux.

Nous avons alors chronométré les temps d'exécution, comptabilisé le nombre de techniciens mis en oeuvre pour effectuer chaque carte de travail, ainsi que les outils et matériaux utilisés.

Nous nous sommes servi aussi de certaines données historiques qui étaient disponibles au niveau des ateliers.

Les résultats obtenus sont les suivants :

#### CARACTERISTIQUES DES VISITES SUR LE B737

TYPE DE VISITE	SPECIALITE	TEMPS (EN MIN)	ECART TYPE TEMPS (EN MIN)	NOMBRE DE TECHNICIEN
T 3	CELLULE + HYDRAU	66	16	2
	MOTEUR	30,11	10	2
	EQUIPEMENT	43	4	1
	ELECTRICITE	16	2	2
	RADIO	17	5	1
	CHAUDRONNERIE	15	4	1
	IMMOBILISATION	= 66		
V 1	CELLULE + HYDRAU	204,50	40,00	3
	MOTEUR	74,00	15,00	3
	EQUIPEMENT	44,00	5,00	2
	ELECTRICITE	29,00	4,00	2
	RADIO	20,52	6,50	1
	CHAUDRONNERIE	17,00	5,00	1
	IMMOBILISATION	= 204,50		
V 2	CELLULE + HYDRAU	360	30	7
	MOTEUR	150	20	4
	EQUIPEMENT	172	20	2
	ELECTRICITE	140	20	2
	RADIO	40	10	2
	CHAUDRONNERIE	20	5	1
	IMMOBILISATION	= 360		

## CARACTERISTIQUES DES VISITES SUR LE B727

TYPE DE VISITE	SPECIALITE	TEMPS (EN MIN)	ECART TYPE TEMPS (EN MIN)	NOMBRE DE TECHNICIEN
T 3	CELLULE + HYDRAU	65,00	10,00	2
	MOTEUR	44,50	1,58	2
	EQUIPEMENT	37,08	7,22	2
	ELECTRICITE	31,56	1,51	1
	RADIO	28,00	7,07	1
	CHAUDRONNERIE	11,50	2,42	1
	IMMOBILISATION	= 65,00		
V 1	CELLULE + HYDRAU	174,50	40,82	3
	MOTEUR	66,00	13,44	3
	EQUIPEMENT	40,32	8,76	2
	ELECTRICITE	44,00	12,65	2
	RADIO	32,50	9,16	1
	CHAUDRONNERIE	12,22	3,63	1
	IMMOBILISATION	= 174,50		
V 2	CELLULE + HYDRAU	350,00	40,00	6
	MOTEUR	250,00	20,00	4
	EQUIPEMENT	97,33	22,50	2
	ELECTRICITE	140,00	20,63	2
	RADIO	56,50	5,26	2
	CHAUDRONNERIE	16,00	2,98	1
	IMMOBILISATION	= 350,00		

Les résultats ont été obtenus sur 20 échantillons différents (dont 15 récoltés à partir des données historiques) vu la faible fréquence des visites intercallaires le temps ne nous a pas permis de suivre plus de V1 et de V2 (pour plus d'informations sur les caractéristiques des cartes de travail voir Annexe D).

#### IV.2.4.4 DESCRIPTION DES OPERATIONS LES PLUS IMPORTANTES EFFECTUEES LORS DES VISITES D'ENTRETIEN :

POUR LE BOEING 737 :

La T3 : Parmi les opérations les plus importantes effectuées lors de cette visite, nous retenons la vérification des pneus, des freins des compléments hydrauliques.

La V1 : En plus de ce qui est cité pour la T3, il sera effectué un essai de réglage du circuit d'alimentation de secours ainsi que qu'une inspection des attaches moteurs (fixation des moteurs).

Il sera alors nécessaire d'avoir recours à un groupe électrogène de parc.

La V2 : Les opérations effectuées en T3 et V1 y sont reprises; il s'y ajoute :

- A) Un essai de réglage de l'enregistrement de conversation; ce dernier s'opère en branchant le groupe du parc avec l'avion. On fait ensuite les tests qui s'imposent.
- B) La vérification des circuits d'eau potable, la stérilisation des réservoirs d'eau potable et des circuits de distribution d'eau.

Cette opération nécessite :

- \* L'utilisation de désinfectant
- \* L'utilisation de récipients
- \* Un camion citerne d'eau potable
- \* une pompe à eau
- \* Un récipient doseur d'une capacité de 3,8L

C) La vérification des réacteurs : Cette opération prend en charge :

- \* La vérification des filtres et joints des circuits d'huile et de fuel (les remplacer lorsque nécessaire).
- \* Le nettoyage des compresseurs par liquide; cette opération se fait :
  - Avec détergeant : Une solution détergeante est préparée à cet effet; elle est composée à 20% de produit détergeant de type b3100 et à 80% d'eau.
  - A l'eau.
- \* Le nettoyage de pièces spécifiques : Telles que les tuyauteries d'huile extérieures. Cette opération est effectuée à l'aide de solvants carboniques froids (de type SPMC-9031,9047).

POUR LE BOEING 727 :

La T3 : Parmi les opérations qui présentent un aspect important il est retenu :

- \* La vérification et le contrôle des indicateurs de plein des descendeurs de freins.  
Cette opération nécessite :
  - Un dispositif de sécurité de train F72735
  - Un récipient d'un (01) litre.
- \* L'inspection et les vérifications des freins des trains principaux.
- \* L'inspection et la vérification des pneus.

La V1 : En plus des opérations citées pour la T3, nous enregistrons :

- \* Le contrôle et le remplacement des câbles de commande, opération nécessitant :
  - a) Un serre câbles
  - b) Un tensiomètre
  - c) De la graisse BMS 3-24 (ASG-17)
  - d) Un kit testeur de câbles 520 CTR
  - e) Un kit de sertissage de câbles 520 GR
- \* L'essai du système d'alarme de décollage qui nécessite l'utilisation d'un rapporteur d'angle.
- \* La vérification de l'étanchéité des systèmes de vidange des toilettes.
- \* L'entretien des amortisseurs TPX et train avant, opération nécessitant :
  - a) Un bac de remplissage pour fluides hydrauliques
  - b) Un container approprié pour récupérer le fluide hydraulique
  - c) Une bouteille chargée d'air sec ou d'azote
  - d) Un dispositif de gonflage amortisseur F70R001
  - e) Un additif de type lubrizol 1395 pour pression externe du fluide des amortisseurs.

La V2 : En plus des opérations effectuées en V1 sont notées les opérations suivantes :

- A) Le contrôle et le remplacement des câbles de commande.
- B) Le lavage moteur et le nettoyage des injections (identique avec ce qui est opéré sur B737).

**REMARQUE IMPORTANTE :** Nous pouvons noter de ce qui précède, le faible besoin en matériel requis pour ce type d'entretien, ceci s'explique par la nature des visites. Elles ne sont, en fait, qu'une série de vérifications et d'inspections.

### IV.3 LA METHODE DE RESOLUTION

L'idée initialement envisagée, de résoudre notre problème par le biais d'un modèle mathématique s'est heurtée :

- a) A l'aspect dynamique des données.
- b) A l'interactivité des paramètres du système.

Compte tenu du contexte et des impératifs de délais nous avons été amenés à procéder par une approche expérimentale dans laquelle plusieurs stratégies et scénaris peuvent être pris en comparaison.

Dans cette optique, nous avons élaboré un modèle qui permet de reproduire, dans une perspective dynamique, les caractéristiques d'une base de maintenance.

Il est essentiellement basé sur les paramètres que sont :

- Le plan d'exploitation (Cft Annexe A)
- Le plan de maintenance (Cft Annexe B)
- L'organisation des divers chantiers de maintenance (cité dans la partie précédente).

Au fur et à mesure de notre travail, nous y avons apporté plusieurs modifications qui lui permettent de se rapprocher le plus possible de la réalité.

Ce fut notamment le cas avec l'introduction du caractère aléatoire des divers paramètres du système.

Nous nous sommes aperçus que le modèle répondait, en fait, aux caractéristiques d'une simulation à temps discret par événement.

Aussi, et avant de procéder à une description de celui-ci, il nous semble nécessaire de donner quelques notions concernant :

- 1) la simulation.
- 2) la programmation.

### IV.3.1 LA SIMULATION : [8]

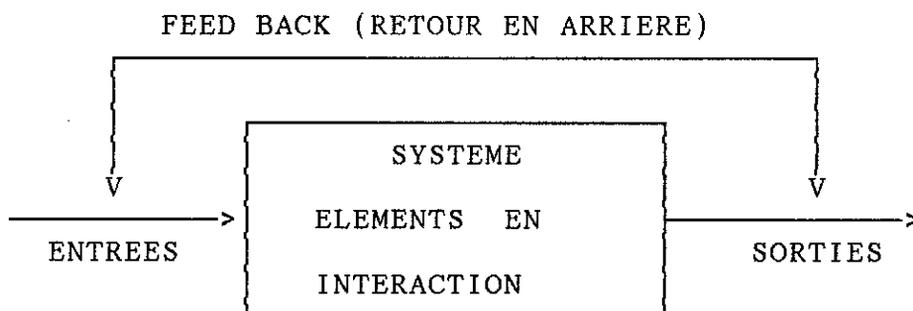
#### IV.3.1.1 DEFINITION :

C'est la reproduction d'un système réel par le biais d'un modèle qui, en générant un historique artificiel du système, permet de suivre et d'étudier les caractéristiques de celui-ci au cours du temps.

#### IV.3.1.2 LE SYSTEME :

Schmidt et Taylor [12] voient le système comme un ensemble d'objets (appelés éléments ou entités) en interaction (liés par un ensemble de relations) et qui sont réunis pour l'accomplissement d'une fonction bien définie.

Il peut être schématisé comme suit :



Chaque entité possède un certain nombre de caractéristiques appelées attributs, ces derniers pouvant être fixes ou variables, et l'ensemble des valeurs prises par les attributs d'une entité constitue l'état de celle-ci à cet instant.

L'ensemble des états de toutes les entités constituera l'état du système à l'instant considéré.

#### IV.3.1.3 LE MODELE :

C'est la représentation, dans une perspective dynamique, des caractéristiques d'un système.

Il existe deux types de modèles essentiels :

- a) les modèles physiques qui représentent le système étudié à l'aide de maquettes (modèles réduits d'avions ou de voitures pour les tests de soufflerie...)
- b) Les modèles analogiques qui représentent le système sur ordinateur.

#### IV.3.1.4/ LES DIFFERENTS TYPES DE SIMULATION :[9]

il existe trois types de classification de la simulation :

##### 1) LA SIMULATION STATIQUE OU DYNAMIQUE :

un modèle est dit statique lorsqu'il reproduit une évolution du système totalement indépendante du temps, contrairement aux modèles dynamiques

##### 2) LA SIMULATION DETERMINISTE OU STOCHASTIQUE :

Un modèle est dit déterministe s'il ne contient aucune variable aléatoire. Si, au contraire, une variable, au moins, décrit un comportement aléatoire, le modèle est dit stochastique. Nous distinguons, dans ce cas, la simulation vers un état stationnaire et la simulation répétitive (pour les systèmes à durée limitée).

##### 3) LA SIMULATION DISCRETE OU CONTINUE :

###### a) la simulation discrète:

Dans le cas où les valeurs des variables d'état du système varient à des instants bien déterminés (instants d'occurrence d'événements), on dit que le système évolue par "sauts" ou de manière discrète. Nous pouvons distinguer alors trois optiques de simulation discrète :

###### \* Par événement (event oriented) :

Le changement d'état du système est régi par l'apparition ou l'absence d'événement (ex : l'arrivée d'un avion sur la base).

###### \* Par structuration d'activité (activity scanning oriented) :

Cette approche est la duale de la précédente. On utilise l'analyse du système non plus pour repertorier les événements qui provoquent les changements d'état, mais les intervalles de temps durant lesquels le système est stable.

###### \* Par processus :

C'est la méthode la plus utilisée. Elle combine les deux approches précédentes.

###### b) La simulation continue :

Dans ce cas, les variables d'état changent à chaque instant de la simulation.

###### c) La simulation combinée :

Dans ce type de simulation, le système contient des variables qui évoluent de façon discrète et d'autres qui évoluent instantanément.

### V.3.1.5 LA MODELISATION :

Elle constitue le lien entre le système étudié et la technique de simulation.

Ce processus est très complexe pour les raisons suivantes:

- Il arrive que certains composants du système soient difficiles à interpréter et que leurs attributs ne soient par toujours quantifiables.
- L'interprétation de certains facteurs régis par l'élément humain, où le subjectif prime sur le rationnel, est parfois difficile.
- La détermination des facteurs extérieurs qui affectent par leurs variations le comportement du système n'est pas toujours aisé.

Il est alors impératif lors de la conception de tout modèle de :

- Bien définir le système en identifiant ses frontières de la façon la plus détaillée.
- Savoir quels sont les aspects du problème à prendre en compte et ceux à négliger.
- Identifier les interactions à prendre en compte ainsi que les variables sur lesquelles se base la logique du changement d'état du système.

### IV.3.1.6 LA VALIDATION ET LA VERIFICATION : [10]

La validation permet de s'assurer que les impacts d'une décision prise au niveau du modèle sont identiques à ceux observables au niveau de la réalité; il s'agit donc de pouvoir affirmer que le modèle réagit de la même manière que le système.

Il faut, toutefois, noter qu'une validation absolue du modèle serait absurde; ce dernier n'est qu'une représentation tronquée du système.

- \* Tout modèle est développé pour des buts bien précis; il se doit alors d'être validé relativement à ces buts.
- \* Un modèle est validé relativement à un ensemble de critères, ces derniers étant sensés permettre une mesure des impacts engendrés par toute prise de décision relative aux objectifs de l'étude.

## 1) LA VERIFICATION :

Elle consiste à détecter les erreurs logiques que peut comporter la transcription puis de les rectifier jusqu'à l'obtention d'un comportement conforme aux exigences.

A ce propos il y a lieu de signaler qu'il existe des procédures parmi lesquelles certaines sont jugées efficaces par les experts en simulation et qui sont :

- a) celle qui passe par l'élaboration d'un modèle simplifié ne reflétant la réalité que d'une façon approximative.

Ce dernier serait ensuite perfectionné jusqu'à obtenir un degré de complexité en rapport avec le système objet de l'étude.

- b) L'utilisation d'un débogage; celui-ci permet de suivre la logique de changement d'état du système sur un intervalle de temps spécifié par l'utilisateur.
- c) La consultation des experts en simulations et des personnes étrangères à l'étude.

## 2) LA VALIDATION :

Les recherches établies dans le domaine sont très récentes, toutefois, certains spécialistes ont élaboré une approche de validation plus connue sous le nom de "APPROCHE DE NAYLOR ET FINGER" qui reste la plus utilisée actuellement et qui se présente comme suit :

### A) PREMIERE PHASE OU PHASE QUALITATIVE :

Il s'agit de s'assurer que le modèle développé est suffisamment représentatif aux yeux des commanditaires de l'étude.

### B) DEUXIEME PHASE OU PHASE QUANTITATIVE DE VALIDATION :

Elle se subdivise elle même en deux phases :

- \* Première phase : Elle consiste à tester le bien fondé de toutes les hypothèses initiales du modèle.

Ce test se fait suivant deux procédures :

- L'AJUSTEMENT DES DONNEES D'INPUT.
- L'ANALYSE DE SENSIBILITE :

Il s'agit de détecter les paramètres déterminants du système (paramètres dont une faible variation de la valeur entraînerait une forte variation au niveau des outputs).

L'analyse de sensibilité intervient sous deux aspects :

- . Vérifier si les paramètres jugés déterminants le sont vraiment.
- . Extraire un certain nombre d'informations sur les variables de contrôle du système, informations, qui, par la suite, se révéleront capitales pour l'analyse du système et la prise de diverses décisions.

\* **Deuxième phase** : Elle consiste à déterminer le degré de représentativité des résultats obtenus par la simulation, en les comparant avec ceux du système réel.

Pour comparer ces résultats, mesurer les différences qu'ils représentent, il faudra procéder à des tests statistiques qui statueront sur la significativité des écarts perçus.

Il existe pour cela deux approches statistiques de comparaison couramment utilisées :

- \* **PAR INSPECTION** : (Lorsque les observations sur le système sont peu nombreuses). Il s'agit de comparer une donnée réelle appropriée, avec un résultat obtenu par simulation.
- \* **PAR INTERVALLE DE CONFIANCE** : (Nécessitant un nombre élevé d'observations).

**PRINCIPE** : Soit  $N$  observations tirées de  $N$  simulations indépendantes ( $Y_i, i = 1 \rightarrow N$ ).  
Soit  $\text{Moy}(Y) = \text{Somme } Y_i / N$

Il s'agit de construire un intervalle de confiance pour :  $E = \text{Moy} - \text{Moy}(Y)$ .  
L'intervalle  $A \ 100(1-\alpha)\%$  est construit à partir de la valeur  $(t)$  de STUDENT si  $E \in [I(\alpha), V(\alpha)]$  alors la différence est statistiquement significative et le modèle ne peut être considéré validé.

#### IV.3.2 LA PROGRAMMATION : [11]

L'élaboration de tout programme se fonde sur cinq axes essentiels qui sont :

- \* Comment le concevoir ?
- \* Comment l'exprimer ?
- \* Comment le valider ?
- \* Comment l'analyser ?
- \* Comment le tester ?

#### IV.3.2.1 LA CONCEPTION :

Il est impossible aujourd'hui d'automatiser la conception d'un programme. Toutefois, il existe un certain nombre de règles et de techniques dont l'efficacité a été prouvée conduisant à de bons algorithmes. L'approche par niveaux de détail (commencer par un algorithme grossier que l'on affine au fur et à mesure) et l'approche par décomposition du problème à traiter (selon le principe diviser pour régner D.P.R) sont parmi les plus fréquemment utilisées.

#### IV.3.2.2 L'ECRITURE :

L'objectif de la programmation structurée est l'écriture claire et précise d'algorithmes dans un langage de programmation.

Le principe de base est de construire un ensemble d'unités (modules de traitement) qui seront testées individuellement puis assemblées et vérifiées de nouveau pour assurer la cohérence de l'ensemble.

#### IV.3.2.3 LA VALIDATION :

Il est nécessaire de montrer, qu'une fois obtenu, le programme produit une réponse correcte pour chaque problème posé. A cette étape, l'algorithme n'a pas besoin d'être exprimé sous forme de programme. L'objet de la validation est de donner la garantie que l'algorithme fonctionnera correctement indépendamment de toute considération concernant le langage de programmation retenu. Une fois cette validation établie le programme peut être écrit; il faudra ensuite procéder encore à sa vérification.

#### IV.3.2.4 L'ANALYSE :

Lorsqu'un algorithme, exprimé sous forme de programme est exécuté, il utilise l'unité centrale de l'ordinateur pour effectuer les opérations de calcul et la mémoire de celui-ci pour stocker programme et données.

L'analyse des algorithmes consiste à déterminer les quantités de temps et d'espace de stockage nécessaires à l'exécution d'un algorithme donné. Il est fréquent alors de se poser des questions telles que : Comment réagira l'algorithme ?, Quelles seront ses performances dans le pire des cas ? dans le meilleur cas ? dans le cas le plus probable ?

#### IV.3.2.5 LES TESTS :

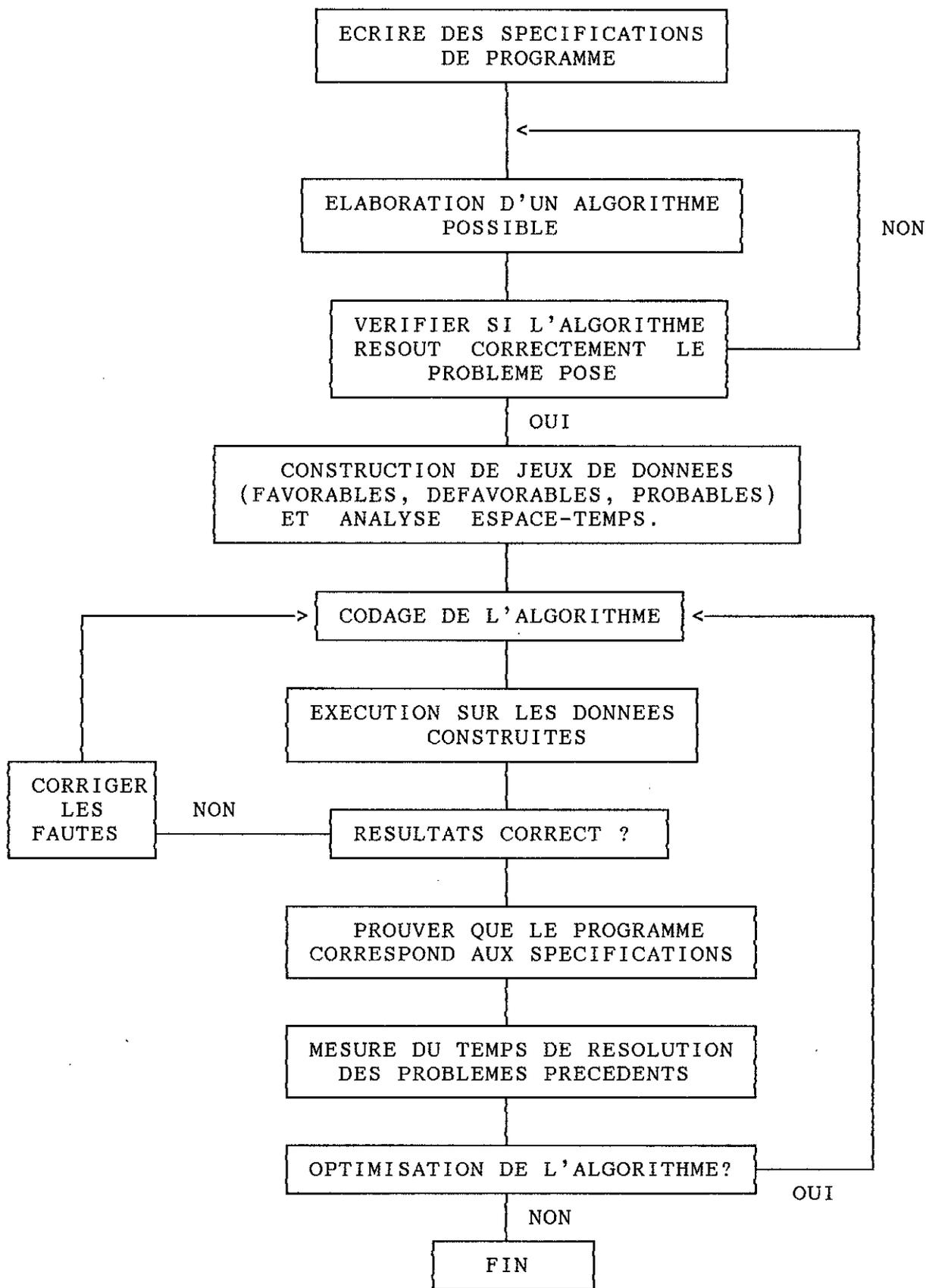
Le test d'un programme consiste en 2 phases :

##### a) LE DEBOGAGE :

- Consiste à exécuter le programme sur des jeux d'essais simples afin de trouver d'éventuelles erreurs et les corriger.
  
- Pour s'assurer qu'un programme est correct et qu'il fonctionnera normalement pour n'importe quel problème, il faut effectuer un nombre important de tests, et comme il s'avère impossible de réaliser tous les cas de figure, la construction d'un échantillon de problèmes représentatifs est alors capitale.

##### b) LE PROFILAGE :

Consiste à exécuter un programme correct sur un ensemble de problèmes et de mesurer le temps et l'espace de stockage nécessaires à la résolution de ces derniers.



SCHEMA : CONSTRUCTION D'UN PROGRAMME

#### IV.4.1 L'IDENTIFICATION DU SYSTEME :

Le système considéré dans notre cas est une base de maintenance contenant des ressources (humaines, matérielles et logistiques conformes aux exigences indiquées précédemment), par laquelle des avions (entités) transitent pour effectuer un entretien.

Les arrivées des entités sont données par un plan d'exploitation. Les visites sont données par le plan de maintenance.

L'organisation d'entrée des entités en hangars est régie par des priorités de passage.

#### IV.4.2 LA LOGIQUE DE CHANGEMENT D'ETAT DU SYSTEME :

Vu le nombre peu élevé d'entités (nombre d'avions quotidiens), nous avons opté pour une évolution par événement.

Ces événements concernent :

- Les arrivées d'avions en base.
- Les sorties d'avions des hangars.

Il sera alors nécessaire de pouvoir à tout moment quantifier l'impact de chaque événement sur le système entier.

Nous avons considéré deux cas de figures :

- Un cas déterministe dans lequel les attributs de toutes les entités restent constants.
- Un cas aléatoire dans lequel toutes les données varient pendant l'exécution.

Le changement d'état se fait donc à des instants discrets et aléatoires entraînant une évolution par saut du système.

Le type de simulation ainsi défini est une simulation stochastique discrète.

#### IV.4.3 LES ENTITES DU SYSTEME :

Se sont les avions.

Chaque avion (entité) recevra les attributs suivants :

- Le numéro (l'identification).
- Le type (Boeing 727, 737).
- La visite prévue.
- L'heure d'arrivée.
- L'heure d'admission en base.
- L'heure de sortie de base.
- Le nombre de spécialistes nécessaires pour effectuer la visite.
- Le temps imparti à chaque spécialiste pour effectuer la visite.

#### IV.4.4 LES ACTIVITES DU SYSTEME :

Nous considérons comme activité, l'intervention de chaque type de spécialiste au niveau de toutes les visites. Il y aura de se fait 36 activités.

Ces dernières peuvent être de nature déterministes ou aléatoires.

#### IV.4.5 LES RESSOURCES :

Elles représentent les spécialistes de chaque type d'avion. Il y a 12 types de spécialistes.

L'affectation des ressources ne sera pas sujet à des critères de priorité.

#### IV.4.6 LES HYPOTHESES DU MODELE :

Pour la construction du modèle nous nous sommes basés sur un certain nombre d'hypothèses de travail qui s'inspirent directement du système actuellement en place.

Ces hypothèses ont été discutées avec les experts d'AIR- ALGERIE et approuvées par eux. Elles se présentent comme suit :

- A) L'utilisation d'un plan d'exploitation pré-établi (à ce propos nous avons choisi comme exemple d'application le plan d'exploitation de la base de CONSTANTINE).
- B) Le respect du planning de maintenance (établi par les services de la Direction Technique).
- C) Une organisation de travail qui prend en charge les éléments suivants :

### C.1 POUR LES TECHNICIENS :

- \* Six spécialités retenues : Cellule, moteur, équipement, électricité, radio, chaudronnerie.
- \* Organisation du travail en trois équipes travaillant chacune huit heures (Un jour de travail est partagé en trois créneaux).
- \* Sur un type d'avion, pour une visite donnée une structure de l'équipe opérante est pré-définie (elle est sensée rester fixe dans un premier temps). Elle sera ensuite variée moyennant une augmentation des temps opératoires.
- \* Une visite d'entretien ne commence que si tous les membres de l'équipe de techniciens sont présents.
- \* Les équipes de spécialistes peuvent transiter d'un chantier à un autre si leur travail est achevé (dans le cas de plus de 2 hangars).
- \* Les taux d'activité du personnel de chaque spécialité sont calculés par rapport à une moyenne de charge (nous avons, à ce propos, considéré le pire des cas).
- \* Chaque équipe doit finir le travail qui lui est confié.
- \* Le travail d'une équipe ne peut être continué par une autre équipe.
- \* Un spécialiste qualifié sur un type d'avion ne doit pas intervenir sur un autre type d'avion.
- \* Les équipes de spécialistes travaillent simultanément.

### C.2 POUR LES HANGARS :

Toutes les visites doivent être effectuées à l'intérieur des hangars.

- \* Nous considérons différents nombres de hangars (1, 2 ou 3 hangars) pour lesquels nous étudierons les résultats.

### C.3 POUR LE MOUVEMENT DES APPAREILS EN BASE :

\* La priorité d'entrée en base est donnée, respectivement :

- Aux avions ayant le départ le plus proche.
- Aux visites les plus longues.
- Dans l'ordre des arrivées (FIFO)

\* La faisabilité de tout entretien pendant un créneau doit être vérifiée (afin d'éviter à une équipe de finir son travail en dehors des huit heures qui lui sont imparties).

Si la faisabilité n'est pas vérifiée pour une période donnée, nous prévoyons une déprogrammation et le décalage de la visite vers le début du créneau suivant.

\* Si un hangar est libre, et si à cet instant un avion arrive, il devra être admis dans son hangar (utilisation maximale des hangars).

REMARQUE : Nous tenons à préciser que notre démarche ainsi que nos hypothèses sont confirmées par les recommandations du PPC (chapitre III).

Ceci représente donc un appui supplémentaire pour notre approche.

#### IV.4.7 PRESENTATION DU MODELE : (Cft annexe E)

##### IV.4.7.1 LES VARIABLES UTILISEES DANS LE MODELE :

1) T1 (K,S) : Temps de travail nécessaire pour effectuer une visite de type K pour la spécialité S, dans le cas du Boeing 727.

K : 1 — 3 : (1 : V2 ; 2 : V1 ; 3 : T3)

S : 1 — 6 : (1: CELLULE; 2: MOTEUR; 3: EQUIPEMENT; 4: ELECTRICITE; 5: RADIO. 6: CHAUDRONNERIE)

2) T2 (K,S) : Pareil que T1 mais dans le cas du Boeing 737.

3) N1 (K,S) : Le nombre de techniciens de la spécialité (S) nécessaires pour effectuer la visite (K), dans le cas du Boeing 727.

4) N2 (K,S) : Pareil que N1 mais dans le cas du Boeing 737.

5) E1 (K,S) : les heures de travail opérationnelles effectuées par les spécialistes (S) pendant le créneau (K), dans le cas du B727.

- 6) E2 (K,S) : Pareil que E1 mais dans le cas du B737.
- 7) DIS1 (S) : Le nombre de techniciens de la spécialité (S) disponibles dans le cas du Boeing 727.
- S : 1 — 6
- 8) DIS2 (S) : Le nombre de techniciens de la spécialité (S) disponibles dans le cas du Boeing 737.
- 9) DISP : Le nombre de hangars disponibles (DISP < nombre de hangars total).
- 10) N : Le nombre de hangars.
- 11) NA : Le nombre de visites prévues (quel que soit le type).
- 12) JOUR : Enregistrement dans lequel figurent les éléments suivants :
- a) Jour (K). NUM : Le numéro de l'avion ayant le rang de passage K.
  - b) Jour (K). VIS : Le type de visite que doit effectuer l'avion ayant le rang de passage K.  
avec: VIS: 1--3: 1: V2; 2: V1; 3: T3.
  - c) Jour (K). ARRIV : Heure d'arrivée de l'appareil ayant le rang de passage (K) (cette valeur est convertie en dizaines de minutes).
  - d) Jour (K). ENTR : Heure d'entrée de l'appareil ayant le rang de passage (K).
  - e) Jour (K). SORT : Heure de sortie de hangar de l'appareil ayant le rang de passage(K).
  - f) Jour (K). IMOB : Durée de l'immobilisation due à l'entretien pour l'avion ayant le rang de passage (K).
- 13) DONNEE : Enregistrement dans lequel figurent :
- 1) DONNEE (K) . NUMBER (S) : Le nombre de techniciens (S) nécessaires pour effectuer la visite de l'avion ayant le rang (K).
  - 2) DONNEE (K) . TIME (S) : Le temps nécessaire aux spécialistes (S) pour effectuer la visite de l'avion ayant le rang (K).

14) T : Le temps courant (en dizaine de minutes).

15) CRE(H) : Valeur de début du créneau horaire H

$$\text{CRE}(1) = 48 \quad (8 \times 60 / 10)$$

$$\text{CRE}(2) = 96$$

$$\text{CRE}(3) = 144$$

$$\text{CRE}(4) = 196$$

16) X1(H,S) : C'est une solution.

Le nombre de techniciens de la spécialité (S) nécessaires pour le créneau H dans le cas du Boeing 727.

17) X2(H,S) : Pareil que X1 mais dans le cas du Boeing 737.

H : 1 — 3 ;

S : 1 — 6 ;

#### IV.4.7.2 LES PROCEDURES DU MODELE :

L'unité 1 : C'est une procédure qui permet de sélectionner tous les avions arrivés avant l'instant courant "t" et qui ne sont pas encore admis en entretien.

##### A) Les inputs :

\* G : Le rang du dernier avion admis en entretien.

\* t : Le temps courant.

\* Les données du plan d'exploitation

##### B) Les Outputs :

\* z : le rang du dernier avion arrivé avant ou à l'instant T.

##### LA PROCEDURE PRIORITE :

C'est une procédure qui permet d'ordonner les rangs de passage des avions selon leurs priorités (le départ le plus proche, la visite la plus importante).

\* G : Le rang du dernier avion admis en entretien.

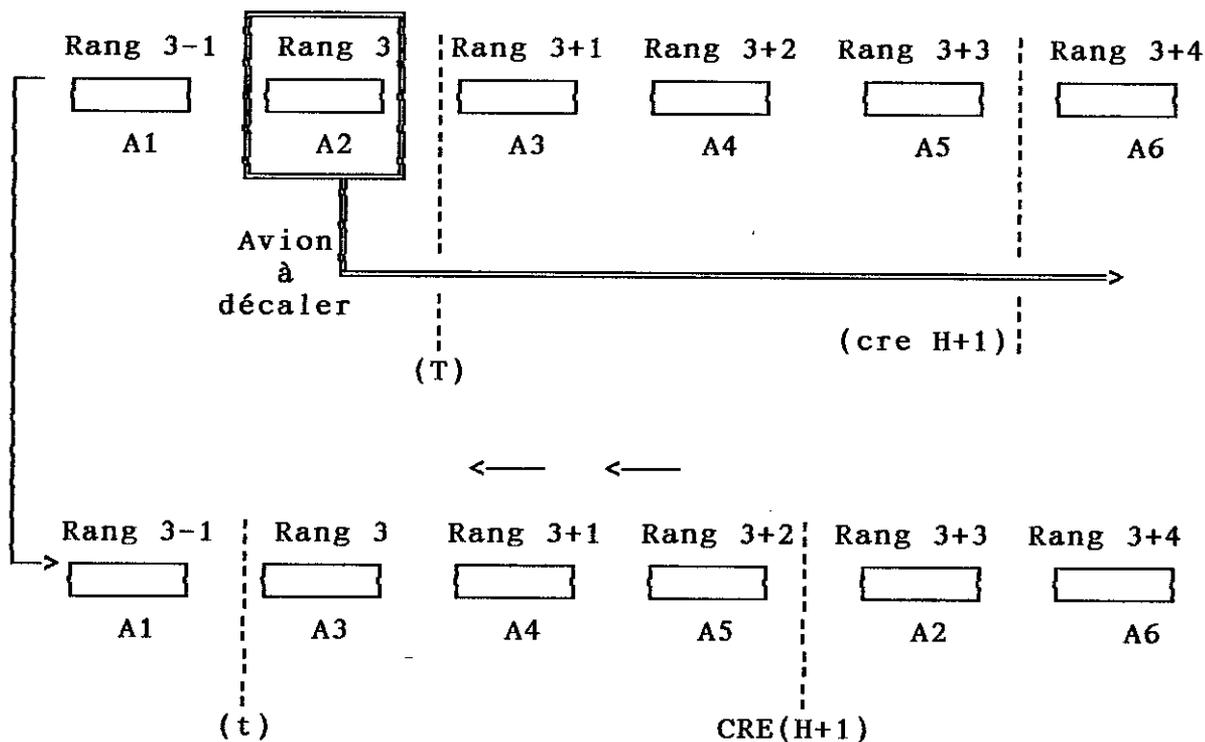
\* z : Le rang du dernier avion sélectionné par unité 1.

##### A) Les Outputs :

Les ordres de passage des éléments ayant le rang entre G et z.

### L'unité 3 :

C'est une procédure qui, lorsqu'elle est sollicitée, permet de décaler le rang de l'avion considéré vers le créneau suivant.



#### A) Les inputs :

- \*  $z$  : Le rang du dernier avion de la file sélectionnée par l'unité 1

#### B) Les outputs :

- \* Les nouveaux rangs de passage des avions se trouvant après l'avion décalé.
- \* Diminution de  $z$  :  $z = z - 1$  car le nombre d'avions susceptibles de passer en visite a diminué de 1

#### LA ROUTINE 1 :

La routine 1 permet d'affecter les moyens humains nécessaires pour effectuer la visite demandée.

Si les ressources calculées pour les configurations précédentes s'avèrent insuffisantes, la routine 1 permet de les réactualiser.

Elle permet aussi de calculer les besoins quotidiens en moyens humains.

Elle s'occupe aussi de comptabiliser les charges de travail effectué.

**SON FONCTIONNEMENT :**

**A) Les inputs :**

- \* G : Rang du dernier avion affecté en base de maintenance à l'instant (t).
- \* DIS1 (S) : Le nombre de spécialistes de types (S) de qualification sur avion de type 1 (B27), disponibles.
- \* DIS2 (S) : Le nombre de spécialistes de qualification (B37), disponibles.
- \* t1 (K,S) : Les temps de travaux par spécialité pour les B27.
- \* t2 (K,S) : Les temps de travaux par spécialité pour les B37.
- \* N1 (K,S) : Le nombre de techniciens par spécialité nécessaires.
- \* N2 (K,S) : Le nombre de techniciens par spécialité nécessaires pour les B37.
- \* N : Le nombre de hangars.
- \* DISP : Le nombre de hangars disponibles.

**B) Les outputs :**

- \* E1 (h,s) : Les heures de travail effectives cumulées pendant chaque créneau et pour chaque spécialité, par les techniciens ayant la qualification B27 (afin de calculer les taux d'activité par spécialité et par créneau).
- \* E2 (h,s) : Pareil que E1 mais pour les qualifications B37.
- \* X1 (h,s) : Qui est un résultat. Il donne le nombre de techniciens B27 nécessaires pour chaque spécialité et pour chaque créneau.
- \* X2 (h,s) : Pareil que X1 mais pour les qualifications B37.
- \* X3 (h,s), X4 (h,s) : Les besoins quotidiens en moyens humains.

### C) LE DEROULEMENT :

Pour chaque spécialiste et pour chaque appareil nouvellement affecté en base le besoin en techniciens est calculé.

Si ce dernier est inférieur aux disponibilités, la solution  $X(h,s)$  est alors réactualisée en y ajoutant la différence; sinon la disponibilité en moyens humains est diminuée d'une valeur égale au besoin.

Cette procédure est légèrement modifiée lors de l'introduction de nouvelles configurations telles que la polyvalence des techniciens (il n'y aura dans ce cas qu'une seule solution  $X(H,S)$  au lieu des deux présentes initialement  $X1(H,S)$ ,  $X2(H,S)$ ).

#### LA ROUTINE 3 :

Elle permet de rechercher la valeur du temps "t" pour laquelle il y a une nouvelle arrivée d'avions.

##### A) Les inputs :

- \* G : Rang du dernier avion affecté en base.
- \* Le plan d'exploitation(les arrivées d'avions).

##### B) Les outputs :

- \* t : La nouvelle valeur de T.

#### ROUTINE 4 :

Elle permet de retrouver le temps de la première libération de hangar.

Elle sélectionné les heures de sortie de hangar et garde la plus petite valeur.

Le temps "t" prend aussitôt cette dernière valeur.

##### A) Les inputs :

- \* G : Rang du dernier avion affecté en base.
- \* N : Le nombre de hangars.

##### B) Les outputs :

- \* t : Le temps

#### ROUTINE 5 :

Elle permet de réactualiser la valeur de DISP (nombre de hangars disponibles).

**A) Les inputs :**

\* t : Le temps.

**B) Les outputs :**

\* DISP : Le nombre de hangars disponibles.

**LA ROUTINE 6 :**

Elle réactualise les disponibilités en ressources humaines.

A l'instant où elle est sollicitée, lorsque la différence entre le temps d'entrée en base et "t" dépasse la durée d'exécution d'une spécialité, les techniciens de cette dernière sont libérés et la valeur de la disponibilité pour cette spécialité augmente alors.

**A) Les inputs :**

\* t : Le temps courant.

\* T1 (K,S) ; T2 (K,S).

\* N : Nombre de hangars.

\* DISP : Nombre de hangars disponibles.

**B) Les outputs :**

\* DIS1 ; DIS2.

**LA ROUTINE 8 :**

Elle permet de réinitialiser la valeur des disponibilités en ressources humaines au début de chaque créneau.

La valeur qui leur est affectée sera alors celle de la dernière solution X1, X2 trouvée pour ce créneau.

**LA PROCEDURE SELEC-RESS :**

C'est une procédure sollicitée lors des opérations de lissage. Elle permet d'organiser les entrées d'appareils en base en fonction des ressources disponibles. (Les ressources ici deviennent des contraintes, contrairement au cas initial de dimensionnement). Ces dernières seront, alors, affectées aux visites qui satisferont les conditions posées.

**A) INPUT :**

- \* G : Rang du dernier avion affecté en base.
- \* Jour : les données du plan d'exploitation.
- \* Z : Rang du dernier avion sélectionné.
- \* DISP : Disponibilité des hangars.
- \* DIS1, DIS2.

**B) LES OUTPUTS :**

- \* DIS1, DIS2, DISP.
- \* PERTE : Booleen qui permet de savoir s'il arrive qu'une visite soit irréalisable.

**C) SON FONCTIONNEMENT :**

Chaque avion sélectionné par l'unité 1 passe par les étapes suivantes :

Sa faisabilité dans le temps est vérifiée, puis, pour chaque spécialité les disponibilités en ressources humaines sont comparées avec les ressources requise par la visite considérée.

Lorsque ces dernières sont, au moins, supérieures au 2/3 de la valeur requise, la visite est jugée réalisable (en ce qui concerne les ressources).

Le temps d'exécution par spécialité est alors renouvelé de la manière suivante :

DONNEE (U) * TIME DONNEE (U) * DONNEE.NUMB (U) DIS
---

Ce dernier étant changé, la réalisabilité dans le temps est encore une fois testée.

Si elle n'est pas vérifiée la visite est temporisée (le rang de l'avion passe à z) et z diminue de 1 (Voir unité 3), sinon la visite est confirmée et on peut passer à la visite suivante.

Lorsque la réalisabilité dans le temps est vérifiée, mais que les ressources s'avèrent insuffisantes, la solution proposée est considérée comme mauvaise.

Il s'agira alors de minimiser l'apparition de tels cas de figure.

**LA PROCEDURE PEPINS :**

Elle permet de générer des valeurs suivant des distributions aléatoires particulières et de les affecter ensuite au paramètre du problème.

La programmation de telles lois se fait usuellement par la méthode de "la fonction réciproque".

Elle est basée sur l'uniformisation des variables.

l'hypothèse de base de cette méthode est que, pour toute fonction de distribution  $F(X)$ , la variable aléatoire  $R$  définie par  $R = F(X)$  est uniformément distribuée dans l'intervalle  $(0,1)$ .

Pour générer un échantillon aléatoire de  $(X)$  il suffira de générer un nombre aléatoire  $R$  et résoudre l'équation

$$R = F(X) \quad \text{soit} \quad X = F^{-1}(R)$$

$F^{-1}$  étant la fonction inverse de  $F$ .

**DEMONSTRATION :**

Soit  $R$  une V.A, soit  $G$  sa fonction de distribution avec :  
 $R = F(X)$  et  $0 \leq R \leq 1$

Nous avons :

$$\begin{aligned} G(R) &= P ( F(X) \leq R ) \\ G(R) &= P ( X \leq F^{-1}(R) ) \\ G(R) &= F ( F^{-1}(R) ) \\ G(R) &= R \quad \left( = \frac{R}{1-0} \right) \end{aligned}$$

Qui est bien une uniforme  $(0,1)$ .

Les exemples suivants montrent comment générer certaines lois usuelles :

**NORMALE (MOY, VAR) :**

$$T = \text{Moy} +$$

Avec  $R_i$  : Random (valeur uniforme générée par le micro ordinateur).

$$\text{Si } n=12 \text{ on a alors : } T = \text{Moy} + \text{VAR} ( \quad )$$

**LOGNORMALE (U,S) :**

$$T = \text{EXP} (\text{NORMAL} (\text{MOY}, \text{VAR}))$$

$$\text{avec : } (\text{var})^2 = \text{LN} (S/V^2 + 1)$$

$$\text{MOY} = \text{LN}(V) - 1/2(\text{AR})^2$$

EXPONENTIELLE (O) :

$$T = - O * \text{LN}(R).$$

ERLANG (U, K) :

$$T = - U * \text{LN}( \quad )$$

LA PROCEDURE PERTURBER :

Elle prend en charge la perturbation des arrivées d'avions en y introduisant un aléa.

LES INPUTS :

Jour. Arriv : Heure d'arrivée de chaque avion.

LES OUTPUTS :

Jour. Arriv : Heure d'arrivée de chaque avion.

LA PROCEDURE ORDRE :

Elle suit directement la procédure "perturber" car elle s'occupe de réorganiser les rangs de passage modifiés dans l'ordre FIFO.

LA PROCEDURE SORTIE :

Elle sélectionne la première  $\underline{m}$  Par de hangar lorsque la disponibilité (DISP) n'est pas nulle.

LES OUTPUTS :

T : Le temps courant.

LA PROCEDURE ENTREE :

Elle permet d'affecter, effectivement, l'appareil considéré en hangar. Lorsqu'elle est sollicitée, toutes les conditions de réalisabilité de la visite sont assurées.

LES INPUTS :

Q : Le rang de l'avion admis.

Jour.Q : Les données concernant l'avion ayant le rang Q.

LES OUTPUTS :

ATTENTE : Le temps d'attente quotidien par avion.

ENTRETIEN : Le temps d'immobilisation quotidien dû à l'entretien.

OK : Booléen qui permet de confirmer l'entrée d'au moins une entité en base.

#### LA ROUTINE 9 :

Elle permet le calcul des différents taux d'activités (voir annexe).

Les procédures initialiser1, initialiser2, servent à initialiser les différents paramètres du système au début de l'exécution.

Les procédures RESULT1, RESULT2, TRAIT-RESULT, GRAPHICS, concernent la visualisation des résultats (voir démonstration sur micro).

#### IV.4.7.3 EXPLICATION DU MODELE :

Le modèle général présente deux aspects particuliers.

Le premier consiste à dimensionner les moyens humains sans qu'il y ait intervention de l'utilisateur; il est détaillé comme suit :

En premier lieu, toutes les variables du système prennent leurs valeurs initiales (Procédures Initialiser1, Initialiser2). Le numéro du JOUR est incrémenté de 1, toutes les données concernant les entités (les avions) sont alors lues (il s'agit des attributs).

Lorsque le traitement aléatoire d'un ou de la totalité des paramètres est souhaité, les procédures pépins et perturber sont sollicitées.

Elles opèrent des modifications sur les attributs, à savoir les temps d'exécution et les heures d'arrivées.

La valeur du temps T est alors incrémentée initialement à 48 (8 heures du matin). Une fois ces données traitées le modèle commence à fonctionner.

La première étape consiste à vérifier la disponibilité des hangars ( le nombre de hangars libres); si elle est supérieure à 0 nous pouvons passer à l'unité 1 (voir explication).

La procédure priorité s'occupera ensuite d'organiser le rang de passage des avions sélectionnés par l'unité1 selon l'ordre de priorité choisi.

Les appareils ainsi ordonnés, passeront au test de réalisabilité dans le temps ( $T + \text{JOUR} \cdot \text{Q} \cdot \text{IMOB} < \text{CRE}(H+1)$ ) qui indique si l'entretien considéré est faisable pendant le créneau horaire courant.

Si c'est le cas, l'avion est admis; on passe alors à la procédure entrée, sinon l'entretien est décalé vers le prochain créneau par l'unité 3.

Ces opérations se répètent pour tous les avions sélectionnés par l'unité 1, jusqu'à ce que le nombre des hangars disponibles soit nul ou lorsque la valeur de Z devient inférieure au rang de l'entité en cours ( $Q > Z$ ).

L'étape d'admission terminée nous passons alors au dimensionnement. Lorsqu'une entrée en base est confirmée (OK = Vrais), la routine 1 est sollicitée.

A ce moment il est alors nécessaire de passer à un nouvel événement (le temps n'a jusqu'à maintenant pas changé).

Le nouvel événement sera obtenu grâce à la routine 3 qui donnera au temps T la valeur de l'heure d'arrivée de l'avion qui n'a pas été sélectionné par l'unité 1.

T étant modifié, il est nécessaire de connaître l'évolution des divers paramètres du système après ce saut.

C'est ce qui est fait par les routines 5 et 6 qui réactualisent respectivement les disponibilités de hangars et des ressources humaines.

Lorsque la disponibilité des hangars (DISP) est nulle, aucune admission ne peut être effectuée. Il est donc nécessaire de rechercher un nouvel événement qui fera varier T.

ce sera la tâche de la routine 4 qui donnera l'heure de sortie de hangar la plus proche.

T étant encore une fois modifié, les routines 5 et 6 sont encore sollicitées.

Cet ensemble d'opérations est répété pendant la durée maximale fixée (le nombre de jours maximal).

Les données récoltées pendant cette exécution sont alors traitées par les procédures :

- RESULT1, RESULT2, TRAIT-RESULT, ROUTINE9, qui donnerons les différentes statistiques utiles.

Le second aspect du modèle présente, quant à lui, une caractéristique :

Il permet de lisser les solutions obtenues pour la première exécution.

Ce lissage consiste à améliorer et homogénéiser les performances des solutions de la première exécution.

Pour cela, dans la première étape, il est nécessaire de proposer une solution pour laquelle nous aurons à suivre les performances et les comportements pendant l'exécution.

Le schéma général reste le même. Seulement, avant qu'une admission d'appareil soit faite, la contrainte concernant les ressources humaines devra être vérifiée.

La procédure SELECT-RESS (voir explication) prend en charge cela.

Il arrive qu'à la sortie de cette procédure, aucun avion sélectionné par l'unité 1 ne soit admis en base, à cause d'une insuffisance des ressources (lorsque  $G = U$ ). Il est alors nécessaire de faire un "saut" et de passer à une nouvelle valeur de T pour laquelle des ressources seront libérées (voir la procédure sortie).

Le programme se poursuit d'une façon identique. Cependant, la routine 3 ne sera sollicitée que si OUT = FAUX pour la raison suivante :

Si OUT = VRAIS tous les avions sélectionnés par l'unité 1 ne passent pas; un nouveau temps T est alors calculé (par la procédure sortie); un nouvel événement a, donc, été créé.

Ce dernier ne devra être modifié qu'après avoir été traité. A l'issue de cette exécution tous les outputs du premier cas seront récoltés; il s'y ajoute la valeur du risque d'erreur.

Ce risque représente le pourcentage de visites qui n'auront pas été effectuées faute de moyens humains. Cette valeur relève d'une très grande importance, car elle permet de juger de la qualité de la solution proposée ainsi que de faciliter la comparaison avec diverses configurations.

#### IV.4.7.4 L'ECRITURE DU PROGRAMME :

Après l'avoir schématisé sous la forme d'un organigramme bien détaillé, nous sommes passé à l'écriture de notre modèle en TURBO PASCAL.

Ce choix a été motivé par diverses raisons :

- 1) Notre maîtrise de ce dernier.
- 2) La convivialité qu'il offre aux utilisateurs (possibilités de création de menus par TURBO VISION, présentation graphique des résultats).
- 3) La grande liberté d'action qu'il offre.

En effet, son atout majeur qui réside dans la programmation structurée, impose une certaine rigueur dans la construction des programmes. Ceci se traduit alors par une grande souplesse lors des modifications portées sur le programme source.

## IV.5 LA VALIDATION

La première opération que nous avons effectuée consistait à tester le programme.

La structure de ce dernier, qui est sous la forme de diverses unités et procédures, a facilité la vérification.

Le débogueur intégré du TURBO-PASCAL a permis de déceler et de corriger rapidement les erreurs de logique (il est possible de suivre pas à pas la variation des paramètres du problème tout au long de l'exécution).

Il nous suffisait alors de répéter plusieurs exécutions de courtes durées de manière à pouvoir vérifier encore une fois les résultats manuellement (certaines erreurs de logique peuvent ne pas apparaître après le débogage).

La seconde opération consistait à suivre les étapes de validation préconisées par NAYLOR et FINGER. Elle s'est présentée comme suit :

A) L'ETAPE QUALITATIVE : Le modèle et le programme ont été soumis aux experts d'AIR-ALGERIE. Ces derniers nous ont donné de précieuses remarques qui nous ont permis de nous rapprocher de plus en plus de la réalité.

Après plusieurs modifications nous sommes arrivés à un modèle qu'ils ont jugé satisfaisant relativement aux objectifs de l'étude.

### B) L'ETAPE QUANTITATIVE :

B.1) L'AJUSTEMENT DES INPUTS : Il a été effectué sur le logiciel UNIFIT avec le test de KOLMOGOROV-SMIRNOV (cft annexe F), disponible au niveau du Département. L'ajustement du comportement aléatoire des différents paramètres est donné par les tableaux suivants :

#### . LES RETARDS D'ARRIVEE :

TYPES B727 ET B737	EXPONENTIELLE (10)
	Dn = 1.162354
	Dna = 1,514

Dn : STATISTIQUE CRITIQUE DU TEST DE KOLMOGOROV-SMIRNOV  
 Dna : STATISTIQUE MODIFIEE DU TEST DE KOLMOGOROV-SMIRNOV

( AVEC UN RISQUE & = 5 % )

## . LES TEMPS OPERATOIRES :

LES AJUSTEMENTS DE DONNEES EVALUES A 95%  
(AVEC UN RISQUE DE :  $\alpha = 5\%$ ) SUR LE LOGICIEL UNIFIT

## a) CAS DU BOEING 737 :

B727	CELLULE	MOTEUR	EQUIPEMENT	ELECTRIC.	RADIO	CHAUD.
T3	Normale (65,10) Dn=0.5618 Dna=1.3155	Lognormale (44.5,1.58) Dn =0.9395 Dna=1.3155	Normale (37.08,7.63) Dn =0.5619 Dna=1.3155	Normale (16,2) Dn =0.5595 Dna=1.3155	Normale (31.56,2) Dn =0.559 Dna=1.3155	Normale (11.5,2.42) Dn =0.562 Dna=1.3155
V1	Normale (174.5,40.32) Dn=0.5625 Dna=1.3155	Lognormale (66,13.44) Dn =1.2825 Dna=1.3155	Normale (40.32,8.76) Dn =0.562 Dna=1.3155	Normale (44,12.65) Dn =0.5624 Dna=1.3155	Normale (32.5,9.16) Dn =0.5614 Dna=1.3155	Normale (12.22,3.63) Dn =0.629 Dna=1.3155
V2	Normale (350,40) Dn=0.562 Dna=1.3155	Lognormale (250,20) Dn =1.2995 Dna=1.3155	Normale (97.32,22,5) Dn =0.5622 Dna=1.3155	Normale (140,20.63) Dn =0.5618 Dna=1.3155	Normale (56.5,5.32) Dn =0.5564 Dna=1.3155	Normale (16,2.98) Dn =0.5609 Dna=1.3155

Dn : STATISTIQUE CRITIQUE DU TEST DE KOLMOGOROV-SMIRNOV

Dna : STATISTIQUE MODIFIEE DU TEST DE KOLMOGOROV-SMIRNOV

LES AJUSTEMENTS DE DONNEES EVALUES A 95%  
(AVEC UN RISQUE DE :  $\alpha = 5\%$ ) SUR LE LOGICIEL UNIFIT

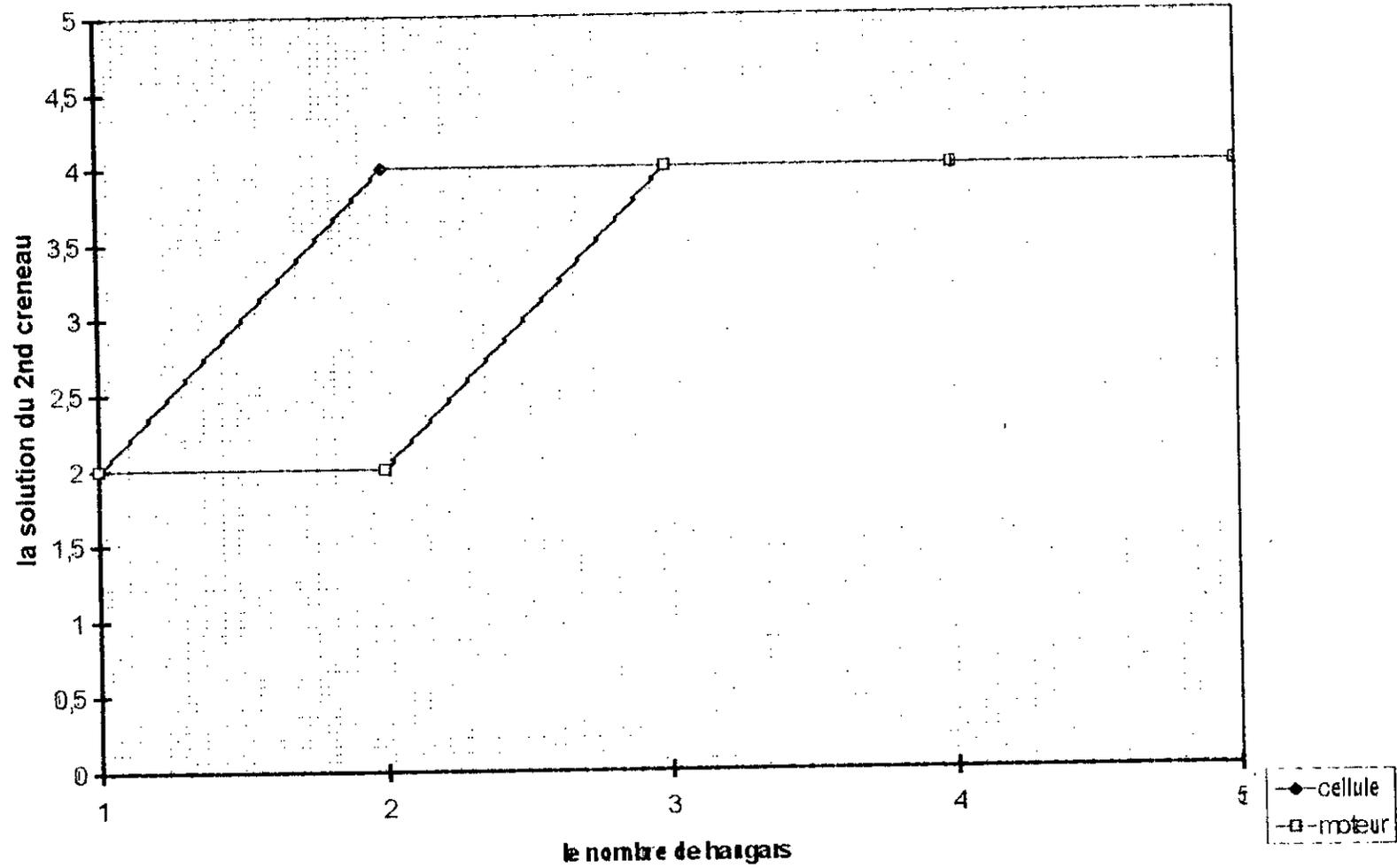
b) CAS DU BOEING 727 :

B727	CELLULE	MOTEUR	EQUIPEMENT	ELECTRIC.	RADIO	CHAUD.
T3	Normale (66,16.22) Dn=0.562 Dna=1.3155	Lognormale (30,2) Dn =1.30 Dna=1.3155	Normale (43.4,4.2) Dn =0.563 Dna=1.3155	Normale (16,2) Dn = .559 Dna=1.3155	Normale (17.22,5.08) Dn = .559 Dna=1.3155	Normale (15.4,4.2) Dn = .563 Dna=1.3155
V1	Normale (204.5,40) Dn=0.562 Dna=1.3155	Lognormale (70,15) Dn =1.294 Dna=1.3155	Normale (45.05,9.68) Dn = .5618 Dna=1.3155	Normale (29,4) Dn = .5623 Dna=1.3155	Normale (20.52,6.5) Dn = .4132 Dna=1.3155	Normale (17.3,4.2) Dn = .5621 Dna=1.3155
V2	Normale (360,30) Dn=0.56217 Dna=1.3155	Lognormale (150,20) Dn =1.275 Dna=1.3155	Normale (72.3,10.12) Dn = .494 Dna=1.3155	Normale (140,20) Dn = .56767 Dna=1.3155	Normale (40.22,6.5) Dn = .5630 Dna=1.3155	Normale (20.3,5.7) Dn = .513 Dna=1.3155

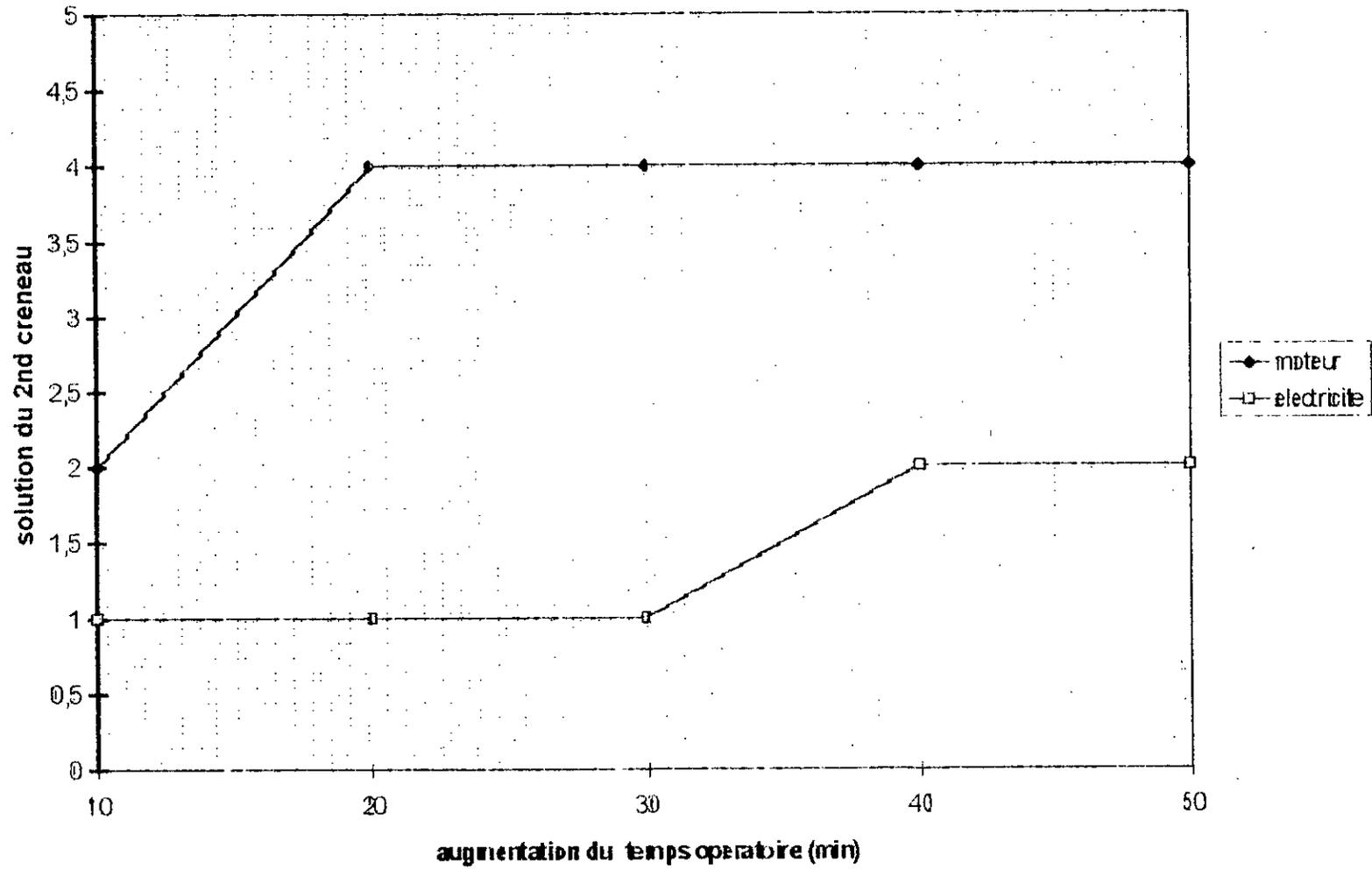
**Dn** : STATISTIQUE CRITIQUE DU TEST DE KOLMOGOROV-SMIRNOV

**Dna** : STATISTIQUE MODIFIEE DU TEST DE KOLMOGOROV-SMIRNOV

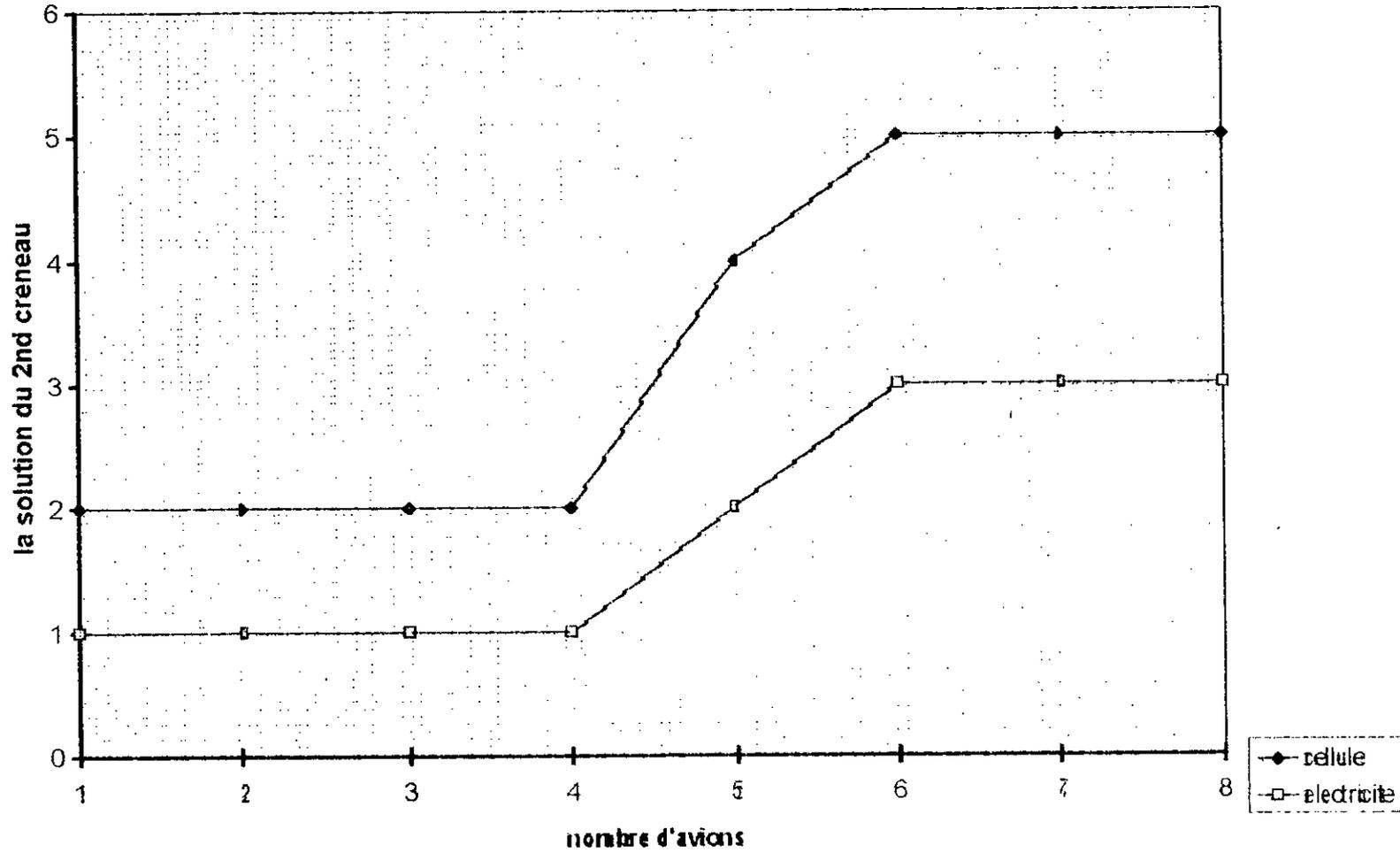
### evolution de la solution avec le nombre de hangars



evolution de la solution avec les temps operatoires



variation de la solution en fonction du nombre d'avions



Pour cela nous avons fixé la taille des hangars à 2 puis varié le nombre de Boeing 727 transitant dans la base. Nous avons obtenu les résultats donnés par le graphique 3.

**REMARQUE** : La solution du 2ème créneau se fixe à partir de 8 avions, car dans ce cas il est saturé. A ce moment c'est la solution du 3ème créneau qui commence à évoluer.

Le modèle confirme l'aspect déterminant du nombre d'avions.

La deuxième étape de la phase quantitative de validation qui consiste à comparer les résultats obtenus avec ceux du système réel n'a pu être réalisée pour les raisons suivantes :

Il n'existe pas, à ce jour, de bases de maintenance ne s'occupant que des T3, V1 et V2.

La comparaison avec la base mère d'Alger ne serait pas correcte car l'activité qui y régnait est très différente du projet (différents types de visites qui y sont effectuées, notamment, les grandes visites qui durent plus de deux mois).

Nous pouvons cependant affirmer que le modèle est une représentation assez fidèle relativement à nos objectifs.

Nous pouvons passer maintenant à l'étape d'exploitation de ce modèle qui fera l'objet du chapitre suivant :

## V - APPLICATION

Afin de tester notre modèle, nous avons pris comme exemple le site de CONSTANTINE pour une durée de six (06) mois (Juin à Décembre). Ce choix a été motivé par les considérations suivantes:

1. Constantine est concernée par le programme de décentralisation ( voir problématique ).
2. Elle est largement desservie par les Boeing 727 et les Boeing 737 (voir le plan d'exploitation).
3. Les six ( 06 ) mois, de Juin à Décembre, représentent une activité moyenne à ce niveau.

### V. 1 LA RESOLUTION :

Notre schéma de résolution consiste à étudier divers scénarii se distinguant les uns des autres selon les paramètres suivants :

- A) LE NOMBRE DE HANGARS (1,2 ou 3) : Trois (03) hangars étant le nombre maximum toléré par les commanditaires de l'étude.
- B) LA NATURE DES PARAMETRES (Aléatoires ou déterministes) : Il s'agit des temps d'exécution des opérations ainsi que des horaires d'arrivée des avions (nous ne considérerons que les retards, les avances d'arrivée n'étant pas observées). Dans ce cas, nous répétons 40 fois l'exécution. Ceci assure la normalité des solutions recueillies et en facilite ainsi le calcul des intervalles de confiances (Cft Annexe F).
- C) L'ACTION SUR CERTAINES HYPOTHESES :
  - C).1. La possibilité d'une action sur les temps d'exécution moyennant une diminution pondérée des effectifs nécessaires fixés initialement lorsque ceci est nécessaire.

**REMARQUE :** Cette diminution n'excedera pas de une fois et demie le nombre de techniciens initialement fixé. Cette opération s'effectue par le biais d'un lissage manuel dans lequel des solutions sont proposées. De nouvelles configurations sont alors enregistrées; celles-ci sont à considérer avec un certain risque Celui-ci ne devant pas excéder 0,5%, seuil limite retenu par les commanditaires de l'étude. Pour notre étude nous avons choisi deux cas :

1. La possibilité d'une polyvalence des techniciens d'une même spécialité sur deux types d'avions différents (B727, B737).
2. La non polyvalence des techniciens.

Chacun de ces cas sera traité et commenté selon le schéma de résolution indiqué plus haut. Nous avons obtenu les commentaires suivants : (Cft Annexes G)

**SCENARIO N° 1 :**

LA SOLUTION POUR UN, DEUX, ET TROIS HANGARS

SANS GENERATION D'ALEAS

**COMMENTAIRES :**

- 1.1. Dans le cas de un hangar, nous avons noté la présence d'une équipe de nuit (3ème créneau) pour le Boeing 727, présentant un taux d'activité très faible, de l'ordre de 1%.

Ce résultat est largement imputable au plan d'exploitation (et au plan de maintenance) d'une part, au nombre relativement faible des visites quotidiennes d'autre part. La variation entre la solution et la moyenne des besoins quotidiens explique clairement la faiblesse des taux d'activités.

Cette variation est due au fait que la solution doit satisfaire un certain nombre de contraintes techniques, dont, le nombre de techniciens par type de visite, et à la faible fréquence des visites les plus importantes (les V2). Les besoins quotidiens reflètent fidèlement la qualité du plan d'exploitation.

Nous avons constaté une durée d'attente moyenne quotidienne par avion, avant entretien, relativement importante (23 Minutes), portant ainsi le temps d'immobilisation total à près de 110 Minutes en moyenne.

- 1.2. Pour deux (02) hangars : A l'inverse du cas précédent, nous avons noté l'absence de l'équipe du troisième créneau pour le B727. Ceci est expliqué par le fait qu'il y a une plus grande disponibilité d'espace pendant les deux premiers créneaux évitant ainsi les décalages.

Le temps d'attente quotidien par avion a sensiblement diminué par rapport au cas précédent (Six (06) fois moins).

- 1.3. Trois (03) hangars : Les résultats obtenus dans ce cas sont similaires à ceux de deux (02) hangars. Toutefois, nous avons noté une augmentation de deux cellulistes au créneau n° 2; (il arrive en effet que trois (03) avions soient en base en même temps).

Cette situation est rare vu la faible variation du temps d'attente par rapport au cas précédent, ce qui laisse penser que ce cas de figure est peu intéressant vu qu'il n'apporte pas d'améliorations notables. (Se référer à l'annexe G pour suivre tous les résultats chiffrés).

**SCENARIO N° 2 :**

SOLUTION UN, DEUX, ET TROIS HANGARS

AVEC GENERATION D'ALEAS.

**COMMENTAIRES :**

Pour un hangar nous avons constaté l'éventualité d'une équipe de nuit au troisième créneau pour le B737, cependant cette dernière est infirmée par :

- Un besoin quotidien pratiquement nul (insignifiant à  $10^{-2}$ ).
- Un taux d'activité nul.
- Un intervalle de confiance qui montre une très faible fréquence d'apparition de cette équipe (après 40 itérations).

Les aléas n'ont pas eu d'effet notable sur les temps d'attente et d'entretien (plus 0,3 Min en attente et -4 Min en entretien); la normalité des divers temps d'exécution y est pour beaucoup.

Dans le cas de deux (02) et trois (03) hangars les mêmes remarques du scénario 1 sont formulées. (Se referer à l'annexe G pour suivre tous les résultats chiffrés).

**SCENARIO N° 3 :**

SOLUTION PAR LISSAGE POUR UN, DEUX, ET TROIS HANGARS

SANS GENERATION D'ALEAS.

**COMMENTAIRES :**

Après lissage des solutions du scénario 1 nous avons obtenu une augmentation très sensible des taux d'activités cependant, Pour un (01) hangar le temps d'attente moyen est passé de 23 Min à 37,5 Min ainsi que le temps d'entretien qui a, lui aussi, augmenté de plus de 15 Min par jour et par avion.

Le gain en taux d'activité a été suivi d'une diminution des performances horaires

Pour deux (02) et trois (03) hangars, les performances horaires n'ont, quant à elles, pas évolué d'une manière sensible.

Ceci indique que le lissage a bien amélioré les résultats pour 2 et 3 hangars, vu que pour des performances horaires identiques, les taux d'activités ont nettement augmenté. (Se referer à l'annexe G pour suivre tous les résultats chiffrés).

**SCENARIO N° 4 :**

SOLUTION POUR UN, DEUX, ET TROIS HANGARS PAR LISSAGE  
AVEC GENERATION D'ALEAS.

**COMMENTAIRES :**

Après lissage du scénario 2 nous avons noté :

Pour un (01) hangar : Une diminution de 16 techniciens dans le cas où l'on garderait une équipe de nuit (troisième créneau) pour le B737).

Les temps d'entretien et d'attente augmentent d'une dizaine de minutes chacun. Cette proposition reste valable avec un risque de 0,002%. Si on élimine l'équipe de nuit le risque passe à 0,28%.

Dans le cas de deux (02) hangars les effectifs ont été diminués de 12 améliorant ainsi les taux d'activité sans toucher aux performances horaires (attente et entretien).

Cette solution est valable avec un risque de 0,067% .

Les mêmes remarques sont formulées dans le cas de trois (03) hangars mais avec un risque de 0,0363% . (Se referer à l'annexe G pour suivre tous les résultats chiffrés).

**SCENARIO N° 5 :**

SOLUTION POUR UN, DEUX, ET TROIS HANGARS  
SANS GENERATION D'ALEAS DANS LE CAS D'UNE POLYVALENCE  
DES TECHNICIENS.

**COMMENTAIRES :**

Dans le cas de un (01) hangar, l'effectif total a diminué de moitié relativement au scénario 1 (l'effectif du B737 du scénario 1 a été totalement absorbé).

Les taux d'activité ont très nettement augmenté sans pour autant toucher aux performances horaires. L'équipe de nuit (3ème créneau) reste présente avec un faible taux d'activité.

Pour deux (02) et trois (03) hangars les performances ne changent pas, seul le taux d'activité augmente largement.

Nous noterons toutefois l'absence dans ces deux derniers cas d'équipe de 3ème créneau. Les besoins quotidiens et la solution se sont nettement rapprochés relativement au scénario 1 où il n'y avait pas de polyvalence.

Ceci est dû au cumul des charges de travail du Boeing 737 et du Boeing 727 calculés lors du scénario 1. (Se referer à l'annexe G pour suivre tous les résultats chiffrés).

**SCENARIO N° 6 :**

SOLUTION POUR UN, DEUX, ET TROIS HANGARS  
AVEC GENERATION D'ALEAS DANS LE CAS D'UNE POLYVALENCE  
DES TECHNICIENS.

**COMMENTAIRES :**

Nous noterons dans ce cas, une faible variation des résultats comparativement au scénario précédent, toutefois, nous avons remarqué l'éventualité d'équipes de 3<sup>ème</sup> créneau dans le cas de 2 et 3 hangars.

Les valeurs obtenues pour ces derniers sont proches de 0 (voir les intervalles de confiance) montrant ainsi une faible fréquence d'apparition. Nous pouvons considérer la solution, dans ce cas, nulle.

Comparable au scénario 5, les aléas ne provoquant que de faibles variations dans le dimensionnement. (Se referer à l'annexe G pour suivre tous les résultats chiffrés).

**SCENARIO N° 7 :**

SOLUTION POUR UN, DEUX, ET TROIS HANGARS APRES LISSAGE  
AVEC GENERATION D'ALEAS DANS LE CAS D'UNE POLYVALENCE  
DES TECHNICIENS.

**COMMENTAIRES :**

Après lissage des résultats du scénario 6 nous avons obtenu des configurations valables avec des risques de :

1. 0,02% dans le cas de un (01) hangar, avec une diminution de 10 techniciens et une augmentation de 15 minutes pour les temps d'attente et d'entretien.
2. 0,05% dans le cas de deux (02) hangars et une diminution de 06 techniciens pour des performances horaires similaires. Ce risque passe à 0,18% en éliminant l'équipe de nuit.
3. 0,37% dans le cas de trois (03) hangars avec diminution de 05 techniciens et des performances horaires similaires. Ce risque passe à 0,41% en éliminant l'équipe de nuit. (Se referer à l'annexe G pour suivre tous les résultats chiffrés).

**SCENARIO N° 8 :**

SOLUTION POUR UN, DEUX, ET TROIS HANGARS APRES LISSAGE  
SANS GENERATION D'ALEAS DANS LE CAS D'UNE POLYVALENCE  
DES TECHNICIENS.

**COMMENTAIRE :**

Après lissage de la solution du scénario 5, nous avons remarqué :

1. Pour 1 hangar, une diminution sensible des effectifs du 1er et 2ème créneau entraînant une augmentation des taux d'activité de toutes les spécialités.

Les temps d'attente et d'entretien ont également nettement augmenté. L'équipe du 3ème créneau, inchangée, a vu ses taux d'activités augmenter; il y a eu donc amélioration. Cette dernière s'explique par l'augmentation des décallages des visites suite aux augmentations des temps d'attente.

Afin d'améliorer les taux d'activité de ce créneau, nous avons tenté de réduire l'équipe du 3ème créneau; ceci a provoqué certes, une augmentation des taux d'activité, mais aussi, l'apparition d'un risque de 0,40%.

2. Les solutions obtenues sont meilleures relativement au scénario 7; en effet, les taux d'activité des techniciens sont homogènes (ils se situent, tous, au niveau de 15% le matin et de 25% le soir). Les équipes ont été réduites, les temps opératoires d'entretien et d'attente n'ont pas changé.

Nous pouvons noter aussi que l'équipe de nuit est inexistante; ceci est dû surtout au faible effet des temps d'attente (4,10 Minutes en moyenne par jour et par avion).

3. Les mêmes remarques pour 2 hangars sont à formuler dans le cas de 3 hangars. (Se referer à l'annexe G).

## VI - CONCLUSION

L'objectif principal de l'étude était d'élaborer un modèle qui permettrait de dimensionner les moyens humains d'une base de maintenance aéronautique régionale.

La résolution par modélisation mathématique n'ayant pas abouti, nous avons alors développé un modèle de simulation.

Ceci nous a permis de découvrir et d'apprécier le puissant outil qu'est la simulation. C'est un moyen efficace pour la résolution de problèmes complexes. Elle permet aux gestionnaires d'évaluer rapidement les effets d'une politique sur un système donné.

Les solutions obtenues par l'application sur le site de CONSTANTINE proviennent d'une série de scénari répondant à un ensemble de choix techniques (lissage, aléas) et stratégiques (polyvalence, non polyvalence).

La validation du modèle ayant été concluante, sa transcription effectuée avec succès, il nous est donc possible d'affirmer la pertinence des résultats présentés.

Les résultats des divers scénari font apparaître que le cas d'une polyvalence des techniciens présente le plus d'avantages, à savoir un personnel réduit, des performances horaires compétitives et des taux d'activité élevés.

En effet les temps d'attente obtenus sont jugés satisfaisants par AIR-ALGERIE de même que les temps d'entretien sont conformes au MPD.

Il faut, cependant, remarquer qu'une telle solution exigerait une formation et des perfectionnements relativement longs.

Le programme réalisé permet, non seulement, de dimensionner les moyens de maintenance, mais il permet aussi d'évaluer les performances d'un plan opérationnel. Il pourrait facilement servir d'outil d'aide à la décision. Il reste cependant limité à l'entretien léger; l'introduction de visites plus importantes nécessiterait des transformations assez importantes au niveau de l'organisation du modèle.

---

Toutefois, sa structure très flexible et décentralisée permet d'apporter aisément des améliorations et/ou modifications. Il s'y ajoute une manipulation facile et conviviale très appréciée par les commanditaires de l'étude.

L'aspect économique de la décentralisation n'a pas été pris en compte; nous n'avons considéré qu'une étude purement technique. Celle-ci est indispensable car l'aéronautique est un domaine dans lequel la réglementation est très sévère.

Il est donc nécessaire de compléter ce projet par une étude économique qui mesurera l'impact financier d'une quelconque prise de décision. Ceci pourrait, largement, faire l'objet d'un projet de fin d'études.

Nous souhaitons que notre modeste contribution puisse alors servir de support aux futures études qui seraient, éventuellement, menées à cet effet.

## BIBLIOGRAPHIE

- [1] Le Redéploiement du secteur des transports (1994)  
document établi par les services  
du ministère des transports.
- [2] Source Air Algerie (document de la direction  
des ressources humaines - 1995 - ).
- [3] Handy book of production planing and control (FPC 1994)  
IATA(International Air Transport Association).
- [4] M.A.O (Maintenance Assistée par Ordinateur)  
Mini projet fait par Mahdi & Yalaoui (1994)  
proposé par MR Z.HADDAD.
- [5] Manuel d'entretien BOEING 727 (1993)  
Manuel d'entretien BOEING 737 (1993).
- [6] M.P.D BOEING 727 (Manuel Planing Data).  
M.P.D BOEING 737 (Manuel Planing Data).
- [7] J.A.R 145 (Joint Airworthiness Requirement )(1994).
- [8] SLAM II : *"Introduction to Simulation And SLAM II"* (1984)  
Alan B Pritsker.  
*Ed. Pritsker and Associates .*
- [9] P.F.E Toumi & Seghouni  
Réorganisation de la clinique pédiatrique de BOU\_ISMAIL  
par utilisation de la SLAM II (1990).
- [10] "simulation modeling and analysis" (1982)  
LAW & KELTON  
*Ed. Mc Graw Hill .*
- [11] Les algorithmes  
Support de cours fait par Mr H.SARI (G.industriel) (1992)
- [12] Computer simulation techniques  
Thomas.NAYLOR  
J.L. BALFINTY  
D.S. BURDICK  
KONG CHU  
edition j.wiley & sons 1966.

## ANNEXES

ANNEXE A	LE PLAN D'EXPLOITATION
ANNEXE B	LE PLAN DE MAINTENANCE
ANNEXE C	FICHES DE PERIODICITE D'ENTRETIEN
ANNEXE D	CARTES PROTOCOLAIRES
ANNEXE E	ORGANIGRAMMES
ANNEXE F	- TEST DE KOLMOGOROV-SMIRNOV - THEOREME CENTRAL LIMITE - CALCUL DES INTERVALLES DE CONFIANCE - CALCUL DES TAUX D'ACTIVITE
ANNEXE G	LES SCENARIS

A N N E X E A

VILLE DE DEPART	SEMAINE							HEURE DEPART	HEURE ARRIVEE	N° VOL	TYPE AVION
	L	M	M	J	V	S	D				
LYON	X	X	X	X		X	X	1115	1445	AH1135	B727
	X	X		X	X		X	1845	1920	AH1137	B727
MARSEILLE	X	X	X	X	X	X	X	1250	1320	AH1127	B727
		X	X	X		X	X	1850	1920	AH1129	B727
PARIS	X	X		X				1300	1505	AH1121	B727
	X		X	X	X	X	X	1940	2045	AH1123	B727
ALGER	X	X	X		X	X	X	715	800	AH6016	B727
				X				815	900	AH6024	B737
							X	915	1000	AH6022	B727
		X						1145	1230	AH6018	B737
				X	X			1330	1415	AH6018	B727
	X							1410	1455	AH6018	B727
			X					1645	1730	AH6018	B737
					X			1730	1815	AH6022	B737
						X	X	1745	1830	AH6018	B737
	X		X		X	X		1915	2000	AH6020	B737
		X					X	1915	2000	AH6020	B727
				X				1940	2025	AH6020	B737
ORAN							X	1730	1845	AH6168	B737
						X		1805	1915	AH6168	B737
			X					1900	2015	AH6168	B727
OUARGLA				X				1730	1830	AH6339	B737
TAMANRASSET				X				1240	1450	AH6343	B737
TINDOUF						X		1045	1330	AH6349	B737

VILLE DE DEPART	SEMAINE							HEURE DEPART	HEURE ARRIVEE	N° VOL	TYPE AVION
	L	M	M	J	V	S	D				
LYON	X	X	X	X		X	X	745	1025	AH1134	B727
	X	X		X	X		X	1515	1755	AH1136	B727
MARSEILLE		X	X	X		X	X	1240	1500	AH1128	B727
	X	X	X	X	X	X	X	1400	1620	AH1128	B727
PARIS	X	X	X	X	X	X	X	850	1200	AH1122	B727
	X			X				1535	1840	AH1120	B727
ALGER	X							700	745	AH6019	B727
		X	X	X			X	700	745	AH6023	B737
						X		745	830	AH6019	B727
	X							1240	1325	AH6021	B727
						X		1415	1500	AH6025	B737
						X	X	1445	1530	AH6025	B737
		X		X		X	X	1715	1800	AH6021	B727
			X					1815	1900	AH6019	B737
				X				1905	1950	AH6025	B737
	X	X		X	X		X	1950	2030	AH6017	B727
	ORAN			X					1700	1845	AH6169
						X		1915	2030	AH6169	B737
							X	1930	2045	AH6169	B737
OUARGLA				X			1530	1630	AH6338	B737	
TAMANRASSET				X				945	1155	AH6342	B737
	X							1645	1855	AH6343	B727
TINDOUF						X	715	1000	AH6348	B737	

VILLE DE DEPART	SEMAINE							HEURE DEPART	HEURE ARRIVEE	N° VOL	TYPE AVION
	L	M	M	J	V	S	D				
LYON						X		1300	1445	AH1135	B727
		X		X				1300	1445	AH1135	B737
MARSEILLE	X		X		X	X		1150	1305	AH1127	B727
							X	1150	1300	AH1129	B727
PARIS			X		X			1300	1505	AH1123	B727
							X	1505	1710	AH1123	B727
ALGER	X		X		X	X	X	800	845	AH6016	B727
		X		X		X		900	945	AH6018	B737
	X							1015	1100	AH6018	B727
		X						1230	1315	AH6024	B737
			X					1330	1415	AH6018	B727
				X				1415	1500	AH6024	B737
	X	X	X	X	X	X	X	1715	1800	AH6020	B727
	X	X	X	X	X	X	X	2010	2055	AH6022	B727
ORAN	X							1345	1500	AH6869	B727
					X			1550	1705	AH6869	B727
			X					1700	1815	AH6869	B727
OUARGLA				X				1730	1830	AH6379	B737
TAMANRASSET				X				1225	1435	AH6343	B727
	X							1645	1855	AH6343	B727
TINDOUF						X		1400	1645	AH6349	B737

VILLE DE DESTINATION	SEMAINE							HEURE DEPART	HEURE ARRIVEE	N° VOL	TYPE AVION
	L	M	M	J	V	S	D				
LYON			X		X			1030	1215	AH1134	B727
							X	1030	1215	AH1134	B737
MARSEILLE	X		X		X	X		945	1100	AH1126	B727
							X	1400	1520	AH1128	B727
PARIS			X		X			920	1130	AH1122	B727
							X	1200	1410	AH1122	B727
ALGER				X				615	700	AH6019	B727
					X			615	700	AH6019	B737
			X				X	630	715	AH6019	B737
		X						715	800	AH6019	B727
	X	X						800	845	AH6017	B727
			X			X		1350	1435	AH6017	B737
							X	1400	1445	AH6017	B737
		X						1400	1445	AH6025	B737
	X	X	X	X	X	X		1550	1635	AH6023	B727
	X	X	X	X	X	X	X	1840	1925	AH6021	B727
			X				1945	2030	AH6025	B737	
ORAN	X							1145	1300	AH6168	B727
					X			1350	1505	AH6168	B727
			X					1500	1615	AH6168	B727
OUARGLA				X			1545	1645	AH6378	B737	
TAMANRASSET				X				930	1140	AH6342	B727
	X							1350	1600	AH6342	B727
TINDOUF						X	1030	1315	AH6348	B737	

A N N E X E      B

	JAN.	FEV.	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUILLET	AOUT	SEPT.	OCT.	NOV.	DEC.	Observation
A. 310													
JC													
JD													
JE													
JF													
B. 767													
JG													
JH													
JI													
ATTENTE G14													
EA													
EB	19 1/2												
EH	20 1/2												
EI	31 0												
EM													
EP													
ET													
EU													
EV													
EW													
EX													
ED													
EF													
EG													
EJ													
EK													
EL													
EN													
EO													
EQ													
ER													
ES													
EY													
EZ													
JA													
JB													
F-27													
RJ													
RK													
RL													
RQ													
RR													
RU													
RV													
L322													
HG													
HL													

TIERS SU-BAG

□ : CV2 = 80 mois    ○ : CV3 = 72 mois  
 \* VV3 = 40 mois    △ : VV2 = 44 mois  
 C = 1A-40:15 ms  
 1 - 37: ms

AVIONS Echantillonnes  
 ○ = G14  
 ● = G13

D = Derogé  
 E = Avion Echantillonne

AIR-NIGER

A N N E X E C

PERIODICITE D'ENTRETIEN  
 (REF. : MANUEL D'ENTRETIEN AH B.727 / B.737)  
 (C.M.P. D. 767 / A-310).

DATE D'EMISSION: JUIN 1994

PETIT

ENTRETIEN

B727	V1 "A": INTERVALLE : 170 HEURES ± 20 HEURES.
	V2 "B": INTERVALLE : 500 HEURES ± 50 HEURES
B737	BLOC "C": INTERVALLE : 2000 ± 100 HEURES/52 SEMAINES ± 2 SEMAINES
B.767	A: INTERVALLE EST LIMITE A 500 HEURES + 50 HEURES MAXIMUM. BLOC "C": INTERVALLE : EST LIMITE A 18 MOIS + 2 SEMAINES OU 6000 H. + 120 H. MAX. (A LA PREMIERE ECHEANCE ATTEINTE).
A310	A: INTERVALLE : 300 HEURES ± 25 HEURES. BLOC "C": INTERVALLE : 15 MOIS ± 2 SEMAINES OU 3600 F.H. ± 50 H. (A LA PREMIERE ECHEANCE ATTEINTE).

GRAND

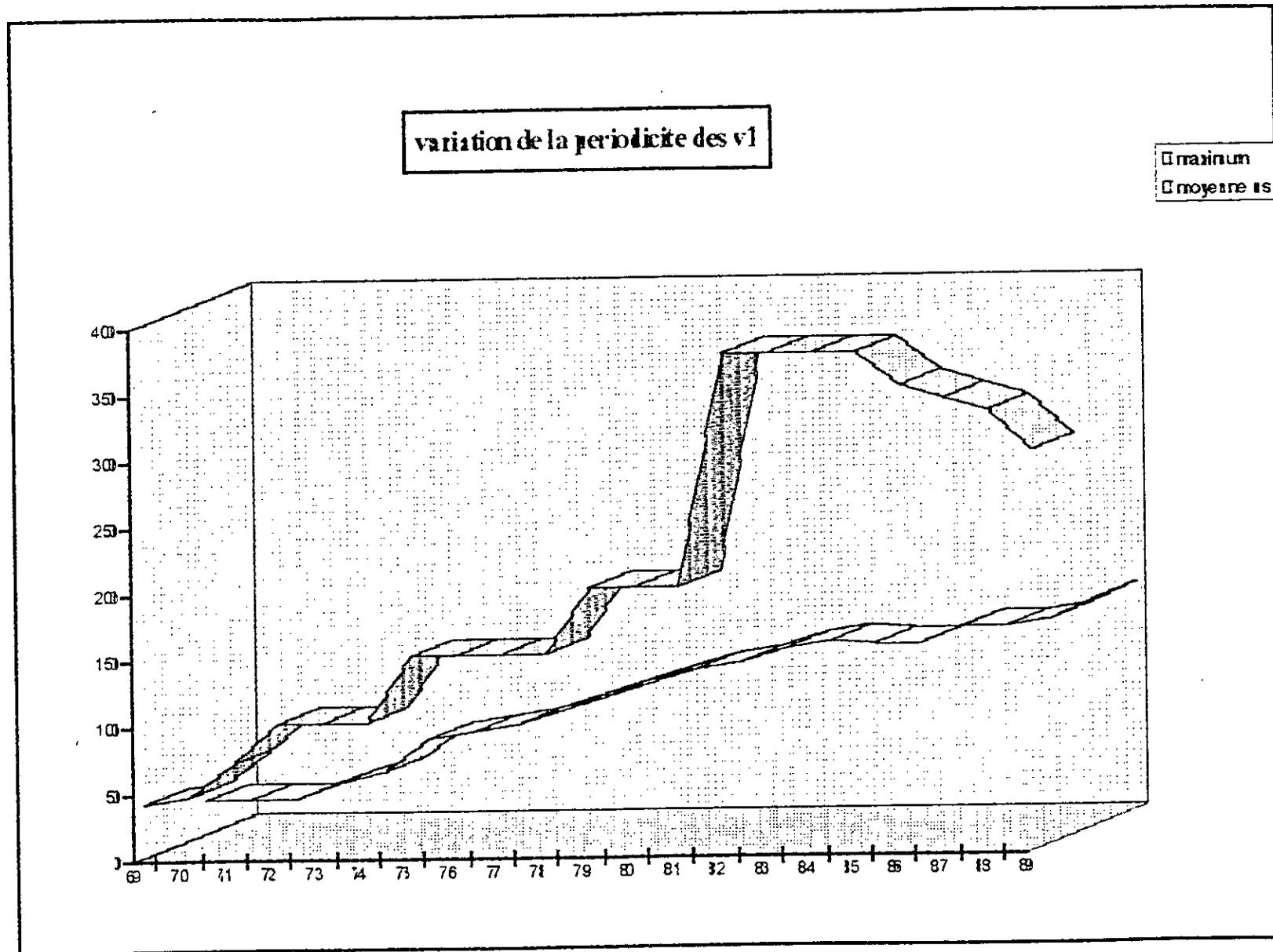
ENTRETIEN

AVIONS	VISITES	CYCLE 1	CYCLE 2	CYCLE 3	CYCLE 4	LIMITE
B727	VV "IL"	48 MOIS	44 MOIS	40 MOIS	40 MOIS	MAX
	GV "D"	21000 H. 8 ANS	16000 H. 80 MOIS	12000 H. 72 MOIS	12000 H. 72 MOIS	MAX
B737	VV "IL"	48 MOIS	44 MOIS	40 MOIS	40 MOIS	MAX
	GV "D"	21000 H. 8 ANS	16000 H. 80 MOIS	14000 H. 76 MOIS	12000 H. 72 MOIS	MAX

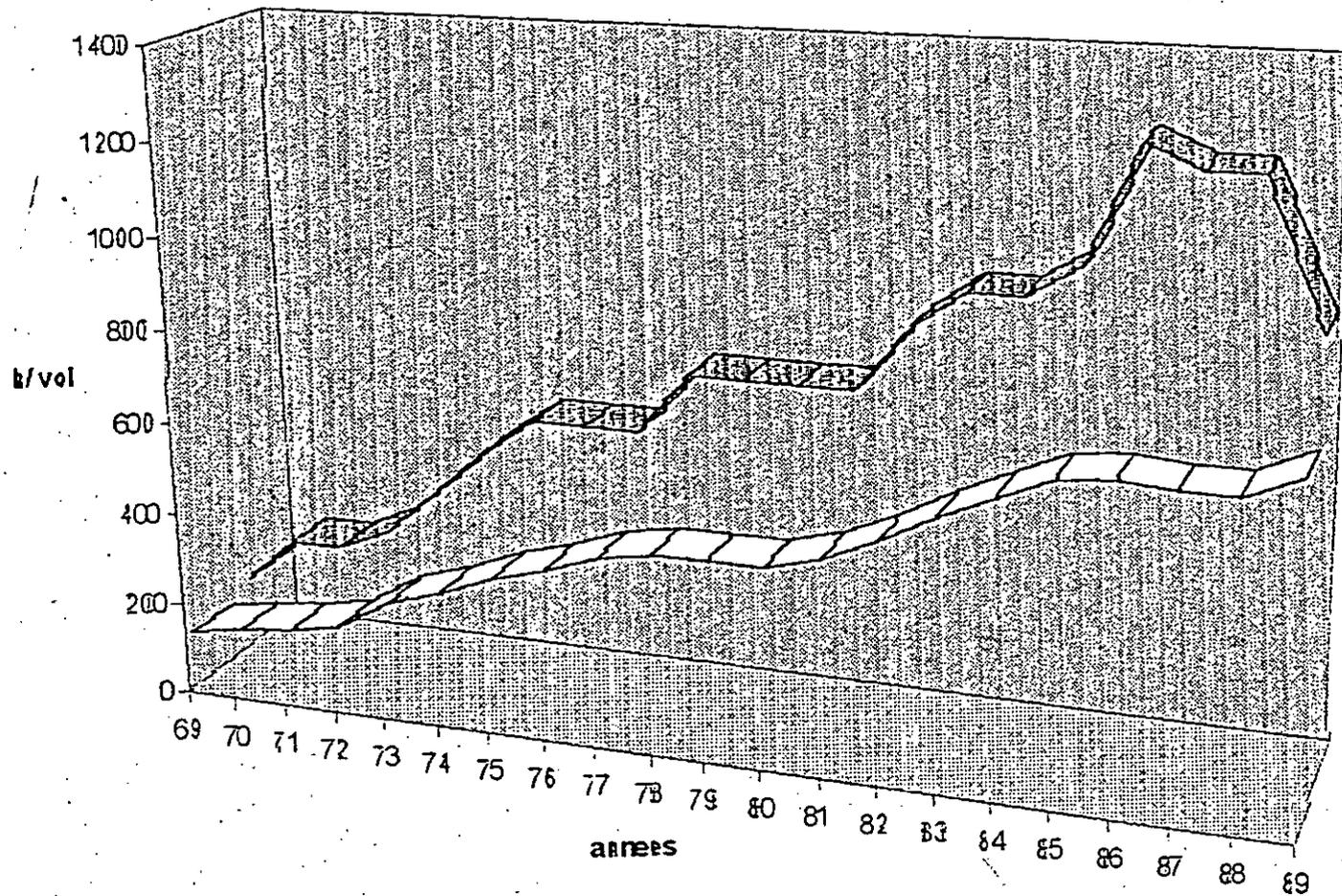
SOUS DIRECTION ENGINEERING P/I

VERITAL. -





la variation de la periodicit  des v2



□ moyenne us □ maximum

A N N E X E D

CARTES "T3" B737

CARTE PAR SPECIALITE	TEMPS MOY (MIN)	ECART TYPE (MIN)	NBRE TECHNICIENS MOYEN	ECART TYPE
CELLULE				
1C	13,50	3,13	1,23	0,49
2C	12,38	3,58	1,08	0,48
3C	12,92	9,67	1,03	0,47
4C	18,00	3,69	1,13	0,47
HYDRAULIQUE				
1H	13,55	6,55	1,00	0,48
2H	18,33	3,73	1,11	0,49
3H	15,75	4,14	1,23	0,47
4H	10,23	4,32	1,18	0,48
MOTEUR				
1M } 2M } → 3M } 4M }	44,50	1,50	1,30	0,46
EQUIPEMENT				
1I } 2I } → 3I } 4I } 5I }	37,08	7,07	1,27	0,44
ELECTRICITE				
1E	31,50	1,51	1,17	0,18
RADIO				
1R				
2R	28,50	2,00	1,73	0,60
CHAUDRONNERIE				
1CHAUD	11,50	2,42	1,30	0,455

CARTES "V1" B737

CARTE PAR SPECIALITE	TEMPS MOY (MIN)	ECART TYPE (MIN)	NBRE TECHNICIENS MOYEN	ECART TYPE
CELLULE				
1C	29,50	4,03	1,60	0,49
2C	28,50	2,29	1,60	0,49
3C	29,00	4,00	1,70	0,64
4C	27,50	4,03	1,70	0,64
5C	29,00	5,38	1,90	0,70
6C	28,50	4,50	1,90	0,70
7C	27,50	2,50	1,50	0,50
HYDRAULIQUE				
1H	18,00	2,44	1,60	0,49
2H	27,00	2,45	1,60	0,49
3H	28,00	3,31	1,60	0,49
4H	18,00	3,74	1,60	0,49
MOTEUR				
1M	23,50	3,20	1,40	0,49
2M	15,50	1,91	1,40	0,49
3M	15,50	1,91	1,40	0,49
4M	15,50	1,91	1,40	0,49
5M	20,50	1,91	1,40	0,49
6M	20,50	1,91	1,40	0,49
7M	10,50	1,91	1,40	0,49
EQUIPEMENT				
1I	13,44	2,75	1,62	0,41
2I	13,44	2,75	1,60	0,20
3I	13,44	2,75	1,62	0,41
ELECTRICITE				
1E	22,00	6,00	1,90	0,30
2E	22,00	6,00	1,90	0,30
RADIO				
1R	12,50	4,47	1,10	0,20
2R	14,00	4,22	1,05	0,16
CHAUDRONNERIE				
1CHAUD	12,22	3,42	1,05	0,19

CARTES "V2" B737

CARTE PAR SPECIALITE	TEMPS MOY (MIN)	ECART TYPE (MIN)	NBRE TECHNICIENS MOYEN	ECART TYPE
CELLULE				
1C	23,00	6,70	1,60	0,89
2C	21,00	5,47	1,60	0,89
3C	17,00	2,73	1,60	0,89
4C	13,00	6,70	2,40	0,54
5C	22,00	7,58	2,20	0,44
6C	22,00	5,09	1,60	0,80
7C	20,00	3,16	2,00	0,63
8C	18,00	4,00	1,60	0,81
9C	10,00	7,44	1,60	0,80
10C	10,00	4,01	1,20	0,52
11C	16,00	2,01	1,20	0,41
12C	20,00	3,97	1,20	0,41
1GC	80,00	27,11	2,00	0,63
2GC	106,00	15,03	2,20	0,74
HYDRAULIQUE				
1H	30,00	6,50	1,80	0,74
2H	25,00	3,60	2,00	0,00
3H	23,75	4,14	2,00	0,00
4H	23,75	4,14	2,00	0,00
5H	21,25	5,44	2,25	0,50
6H	21,25	5,44	1,75	0,43
7H	31,67	10,27	1,67	0,47
1GH	20,00	28,56	1,75	0,43
2GH	20,00	15,49	1,75	0,50
3GH	21,00	15,49	1,75	0,50
MOTEUR				
1M	27,00	17,77	1,75	0,43
2M	25,00	18,97	1,50	0,50
3M	35,00	19,50	1,50	0,50
3M(bis)	31,00	17,43	1,50	0,50
4M	35,00	15,00	1,83	0,47
4M(bis)	30,00	16,73	1,50	0,50
5M	18,80	5,60	2,40	0,54
6M	18,50	5,61	2,40	0,54
7M	18,50	5,63	2,40	0,48
8M	18,50	5,63	2,40	0,48
9M	18,50	5,63	2,40	0,48
10M	18,50	5,63	2,40	0,48
11M	18,50	5,63	2,40	0,48
12M	18,50	5,63	2,40	0,48
13M	18,50	5,63	2,40	0,48
14M	18,50	5,63	2,40	0,48
15M	18,50	5,63	2,40	0,48
16M	18,50	5,63	2,40	0,48
17M	18,50	5,63	2,40	0,48
18M	18,50	5,63	2,40	0,48
1GM	18,50	5,63	2,40	0,48

CARTES "V2" B737 (SUITE)

CARTE PAR SPECIALITE	TEMPS MOY (MIN)	ECART TYPE (MIN)	NBRE TECHNICIENS MOYEN	ECART TYPE
EQUIPEMENT				
1I	16,00	4,19	2,00	0,00
2I	13,33	3,39	2,00	0,00
3I	16,00	4,19	2,00	0,00
4I	16,00	17,48	2,00	0,00
5I	16,00	17,48	2,00	0,00
ELECTRICITE				
1E	36,75	12,51	2,00	0,11
2E	33,00	13,30	2,15	0,13
3E	35,50	11,43	2,15	0,13
4E	30,50	16,14	2,15	0,13
RADIO				
1R	17,50	8,29	2,00	0,00
2R	17,50	8,29	2,00	0,00
3R	17,50	8,29	2,00	0,00
CHAUDRONNERIE				
1CHAUD	16,00	8,94	1,40	0,49

CARTES "T3" B727

CARTE PAR SPECIALITE	TEMPS MOY (MIN)	ECART TYPE (MIN)	NBRE TECHNICIENS MOYEN	ECART TYPE
CELLULE				
1C	20,90	9,49	1,27	0,44
2C	26,88	4,20	1,25	0,43
HYDRAULIQUE				
1H	24,37	6,34	1,25	0,43
2H	25,00	5,34	1,33	0,47
3H	23,33	9,42	1,44	0,49
MOTEUR				
1M	13,33	2,35	1,33	0,47
2M	15,60	1,49	1,20	0,40
3M	15,00	0,00	1,22	0,30
4M	15,75	1,63	1,12	0,33
EQUIPEMENT				
1I	19,69	2,02	1,55	0,49
2I	12,11	3,03	1,33	0,47
ELECTRICITE				
1E	16,00	2,00	1,90	0,83
RADIO				
1R	17,22	5,08	1,30	0,45
CHAUDRONNERIE				
1CHAUD	15,04	4,20	1,90	0,28

CARTES "V1" B727

CARTE PAR SPECIALITE	TEMPS MOY (MIN)	ECART TYPE (MIN)	NBRE TECHNICIENS MOYEN	ECART TYPE
CELLULE				
1C	25,50	6,72	1,40	0,48
2C	26,50	7,22	1,40	0,48
3C	28,00	7,41	1,50	0,50
4C	29,00	6,40	1,50	0,50
HYDRAULIQUE				
1H	28,00	3,24	1,20	0,40
2H	31,40	6,72	1,30	0,50
3H	33,00	6,32	1,80	0,52
4H	34,50	6,87	1,60	0,48
5H	31,00	6,24	1,50	0,50
6H	29,50	6,10	1,50	0,49
7H	29,50	8,50	1,90	0,50
MOTEUR				
1M	23,00	4,50	1,80	0,50
2M	23,00	4,50	1,80	0,40
3M	25,00	4,50	1,60	0,40
3M(bis)	20,00	4,50	1,30	0,42
4M	20,00	4,50	1,80	0,40
EQUIPEMENT				
1I	24,50	2,60	1,20	0,40
2I	20,50	2,60	1,20	0,40
ELECTRICITE				
1E	19,50	8,80	2,00	0,60
2E	14,50	5,90	1,90	0,53
RADIO				
1R	20,52	6,50	1,30	0,40
CHAUDRONNERIE				
1CHAUD	17,00	3,30	1,60	0,60

CARTES "V2" B727

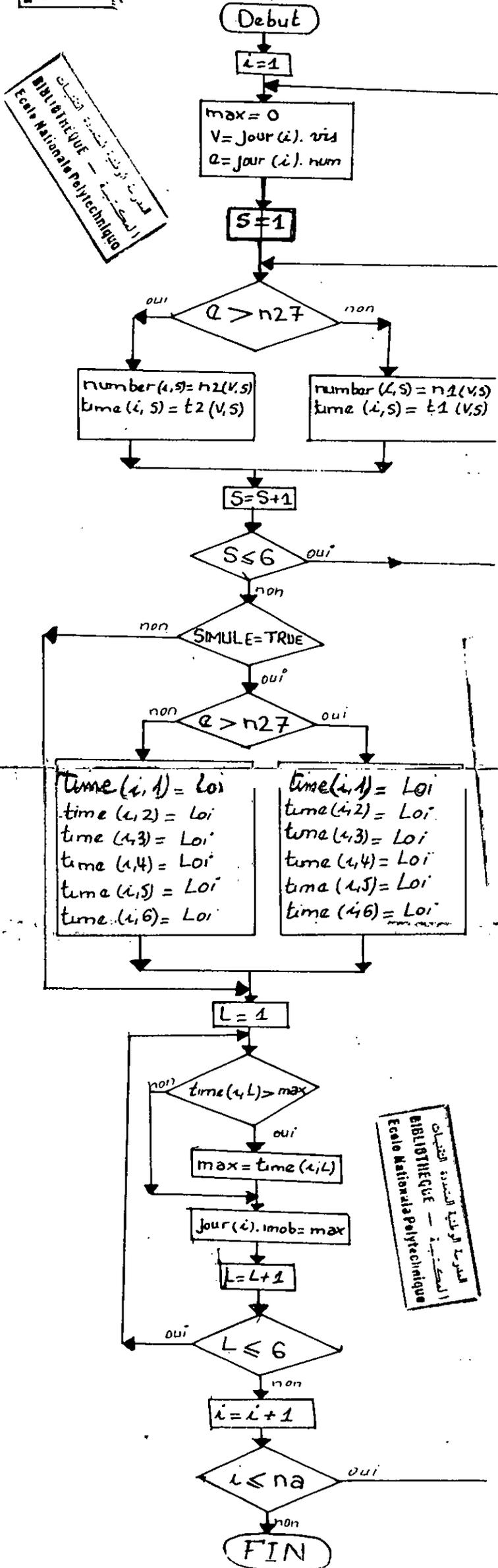
CARTE PAR SPECIALITE	TEMPS MOY (MIN)	ECART TYPE (MIN)	NBRE TECHNICIENS MOYEN	ECART TYPE
CELLULE				
1C	44,00	4,90	2,80	1,40
2C	44,00	4,50	2,60	1,20
3C	44,00	4,00	3,00	1,30
4C	51,00	5,00	1,00	0,00
5C	44,00	4,90	1,00	0,00
6C	44,00	4,90	1,00	0,00
7C	45,00	7,74	1,00	0,00
1GC	95,00	37,90	2,00	0,63
2GC	60,00	25,30	2,00	0,00
HYDRAULIQUE				
1H	42,00	4,00	1,00	0,00
2H	46,00	5,80	2,00	0,63
3H	56,00	13,50	1,00	0,00
4H	42,00	4,00	1,60	0,49
5H	44,00	3,74	1,60	0,49
6H	44,00	3,74	1,60	0,49
7H	44,00	3,74	1,60	0,49
1GH	42,00	4,00	1,80	0,40
2GH	43,00	4,00	1,80	0,40
3GH	43,00	4,00	1,80	0,40
MOTEUR				
1M	20,00	0,00	1,20	0,40
2M	20,00	0,00	1,20	0,40
3M	21,00	2,00	1,00	0,00
4M	20,00	0,00	1,00	0,00
5M	20,00	0,00	1,20	0,40
6M	20,00	0,00	1,20	0,40
7M	20,00	0,00	1,20	0,40
8M	24,00	6,00	1,00	0,00
9M	24,00	6,00	1,00	0,00
10M	24,00	6,00	1,00	0,00
10M(bis)	24,00	0,00	1,00	0,00
11M	20,00	0,00	1,40	0,48
12M	20,00	0,00	1,40	0,48
13M	20,00	0,00	1,40	0,48
14M	21,50	4,35	2,60	0,48
15M	27,50	6,27	2,80	0,75
1GM	24,00	4,90	2,40	0,80
EQUIPEMENT				
1I	25,00	5,40	1,40	0,49
2I	25,00	5,40	1,40	0,49
3I	27,00	6,20	1,40	0,49
4I	26,00	5,40	1,40	0,49

CARTES "V2" B727 (SUITE)

CARTE PAR SPECIALITE	TEMPS MOY (MIN)	ECART TYPE (MIN)	NBRE TECHNICIENS MOYEN	ECART TYPE
ELECTRICITE				
1E	21,00	3,74	1,60	0,45
2E	23,00	2,44	1,60	0,49
3E	24,00	2,00	1,80	0,70
4E	24,00	2,00	1,60	0,45
5E	24,00	2,00	1,60	0,45
6E	24,00	2,00	1,60	0,49
RADIO				
1R	40,22	10,01	1,50	0,50
CHAUDRONNERIE				
1CHAUD	20,03	5,70	1,00	0,00

A N N E X E E

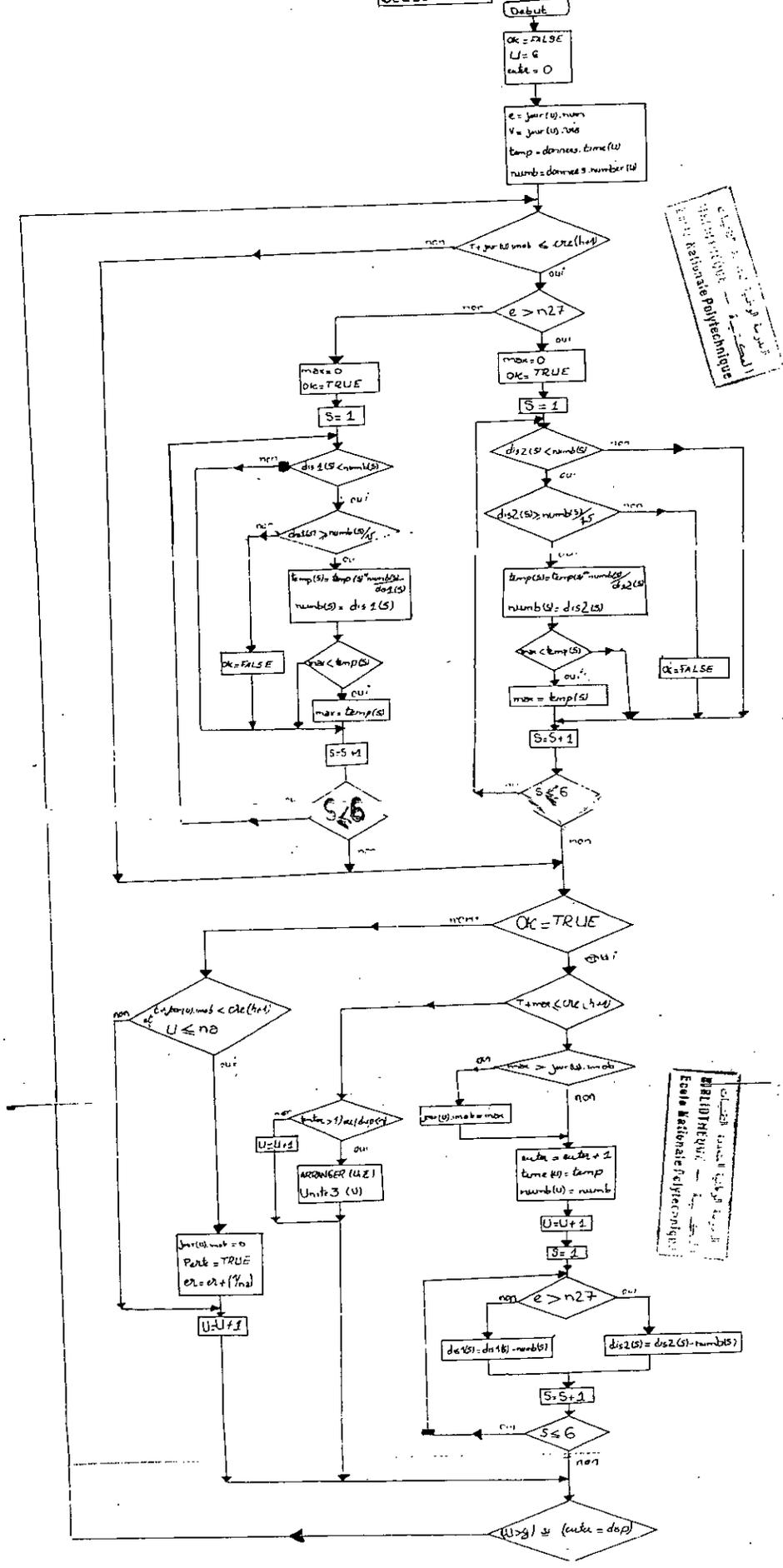
PEPIN (Simul: boolean)



المركز الوطني للتقنية  
BIBLIOTHÈQUE  
Ecole Nationale Polytechnique

المركز الوطني للتقنية  
BIBLIOTHÈQUE  
Ecole Nationale Polytechnique

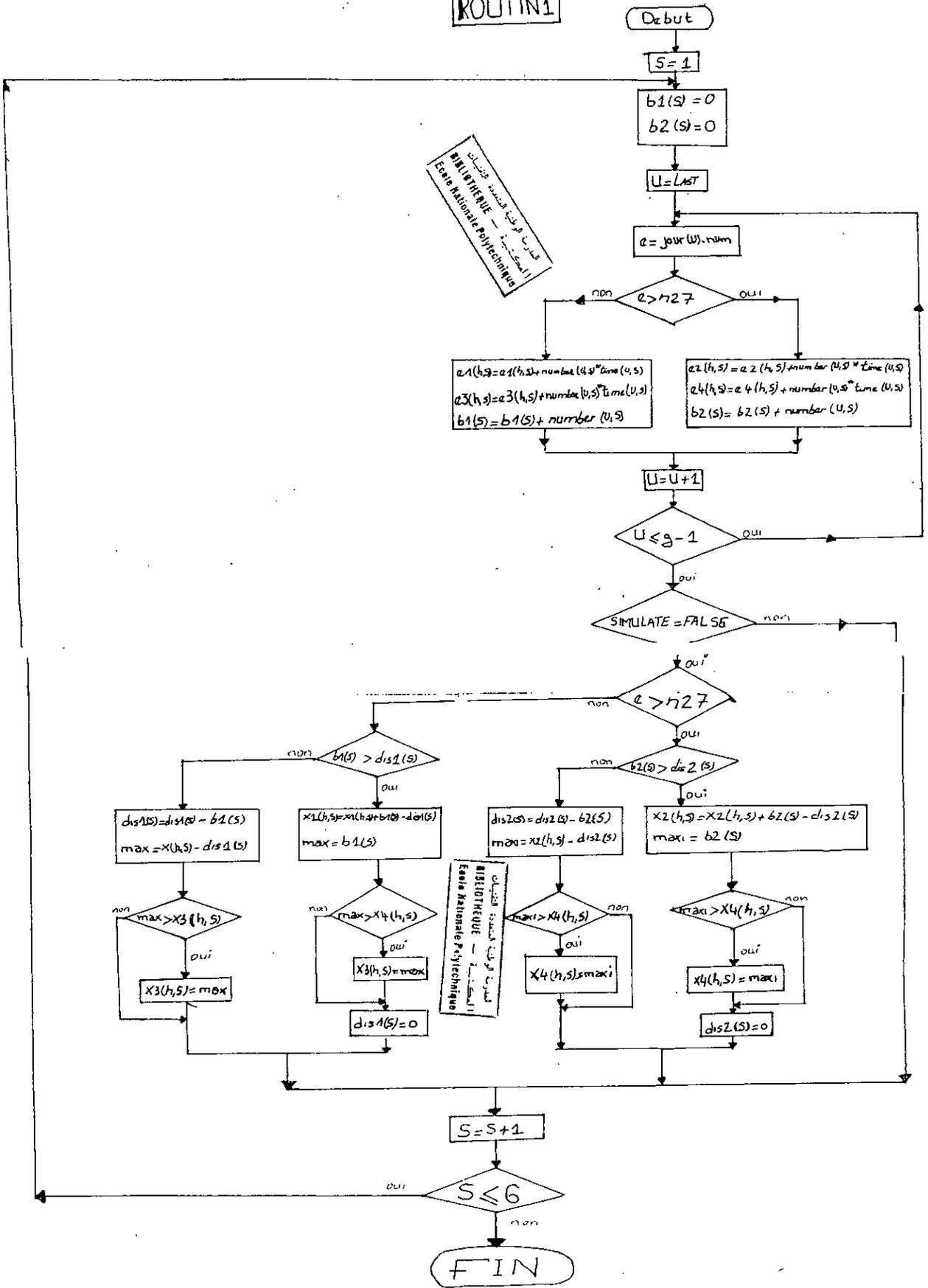
SELECT - KESU



Université de Technologie  
 de Compiègne  
 Ecole Nationale Supérieure  
 des Mines et Métiers

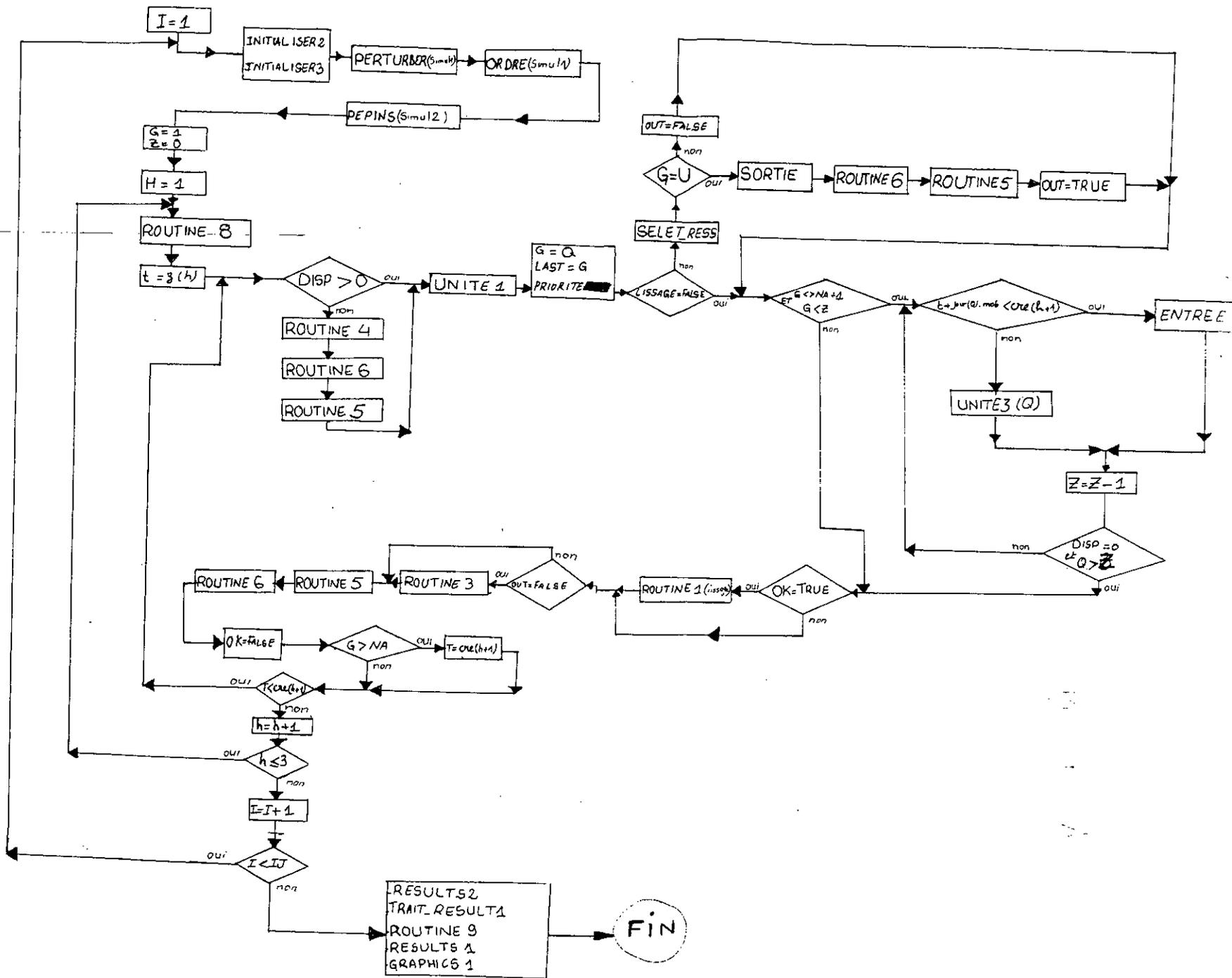
Université de Technologie  
 de Compiègne  
 Ecole Nationale Supérieure  
 des Mines et Métiers

**ROUTINE 1**



جامعة الوطنية للعلوم والتقنية  
 BULIUTHEQUE  
 Faculté Nationale Polytechnique

Université Nationale des Sciences et Technologies  
 BIBLIOTHÈQUE  
 Faculté Nationale Polytechnique

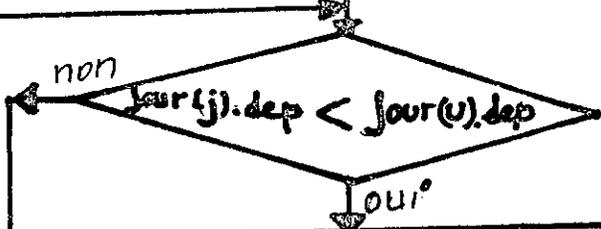


**PRIORITE**

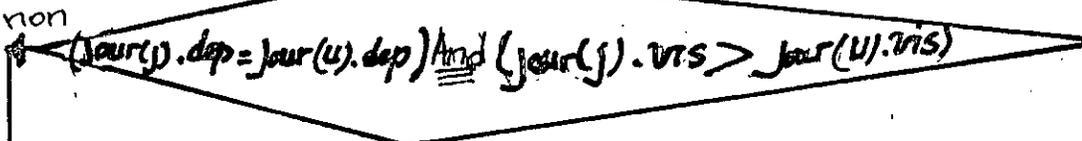
**Debut**

U = Last

J = Last

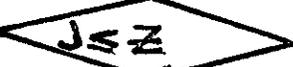


S = Jour (U)  
W = donnees.time (U)  
C = donnees.number (U)  
Jour (U) = Jour (j)  
donnees.time (U) = donnees.time (j)  
donnees.number (U) = donnees.number (j)  
Jour (j) = S  
donnees.time (j) = W  
donnees.number (j) = C



S = Jour (U)  
W = donnees.time (U)  
C = donnees.number (U)  
Jour (U) = Jour (j)  
donnees.time (U) = donnees.time (j)  
donnees.number (U) = donnees.number (j)  
Jour (j) = S  
donnees.time (j) = W  
donnees.number (j) = C

J = J + 1



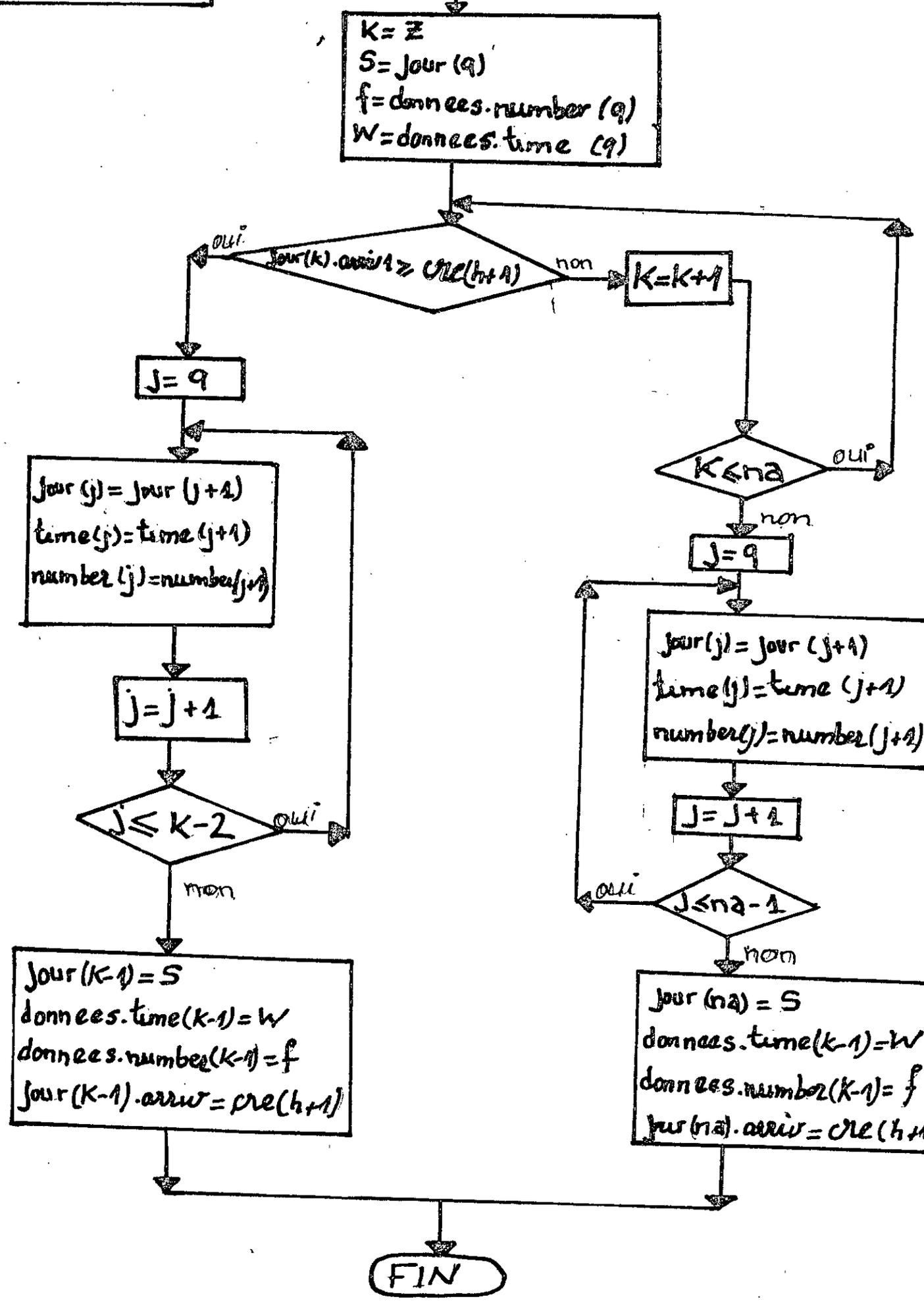
U = U + 1



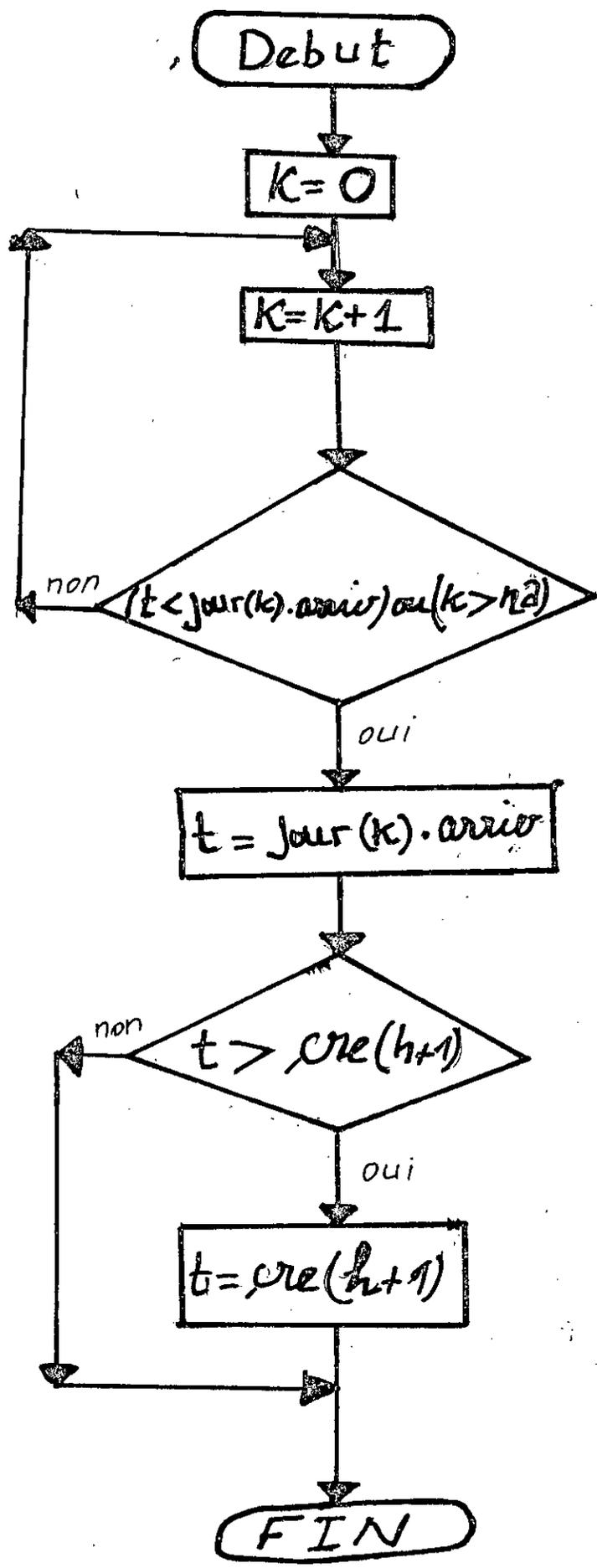
**FIN**

UNITE 3 : (9)

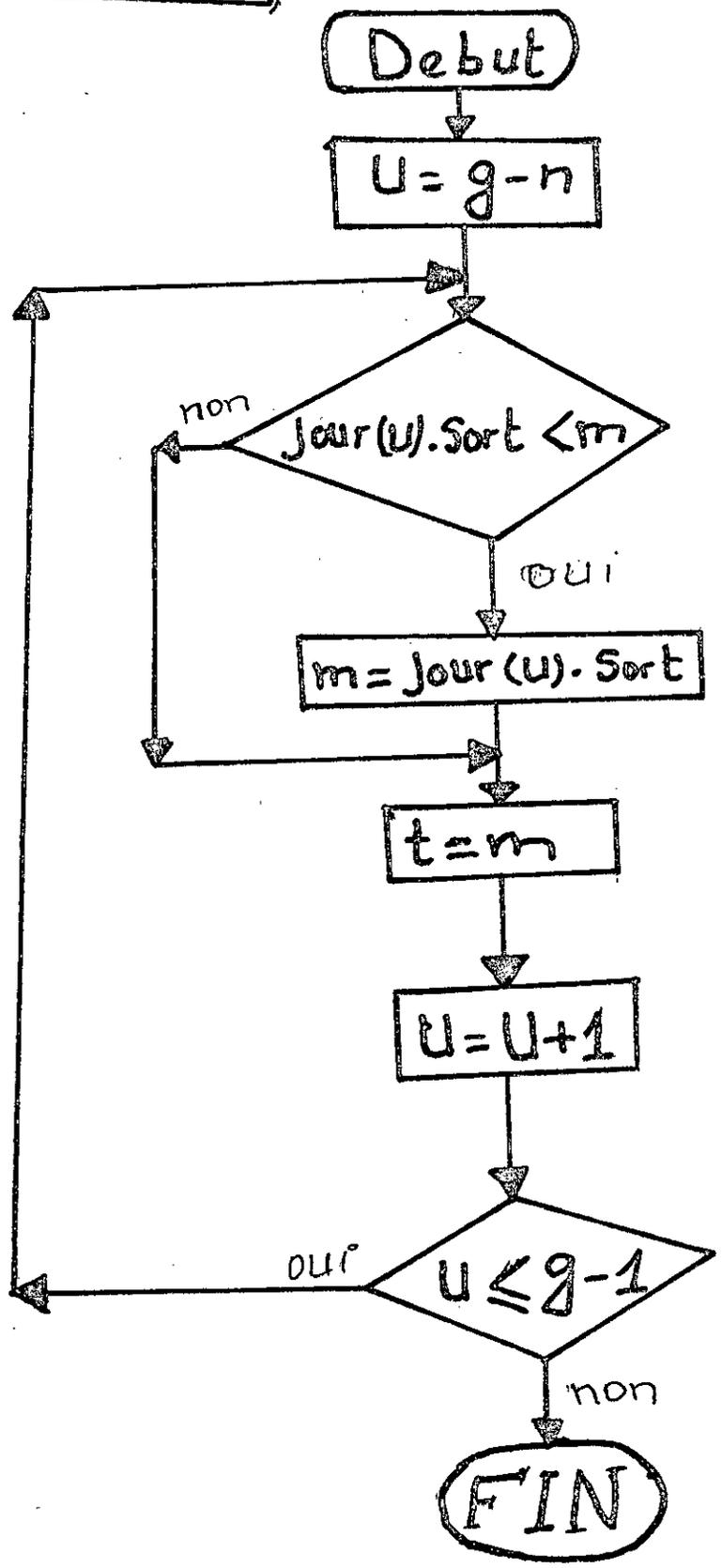
(Debut)



**ROUTINE 3**



# ROUTINE 4



# ROUTINE 5'

Debut

$U = g + \text{disp} - n$

$t \geq \text{Jour}(U) \cdot \text{Sort}$

non

oui

$\text{disp} = \text{disp} + 1$   
 $f = g + \text{disp} - n$   
 $S = \text{Jour}(U)$   
 $W = \text{donnees.time}(U)$   
 $C = \text{donnees.number}(U)$

$j = U$

$\text{Jour}(j) = \text{Jour}(j-1)$   
 $\text{donnees.time}(j) = \text{donnees.time}(j-1)$   
 $\text{donnees.number}(j) = \text{donnees.number}(j-1)$

$j = j - 1$

$j \leq f$

oui

$\text{Jour}(f-1) = S$   
 $\text{donnees.time}(f-1) = C$   
 $\text{donnees.number}(f-1) = W$

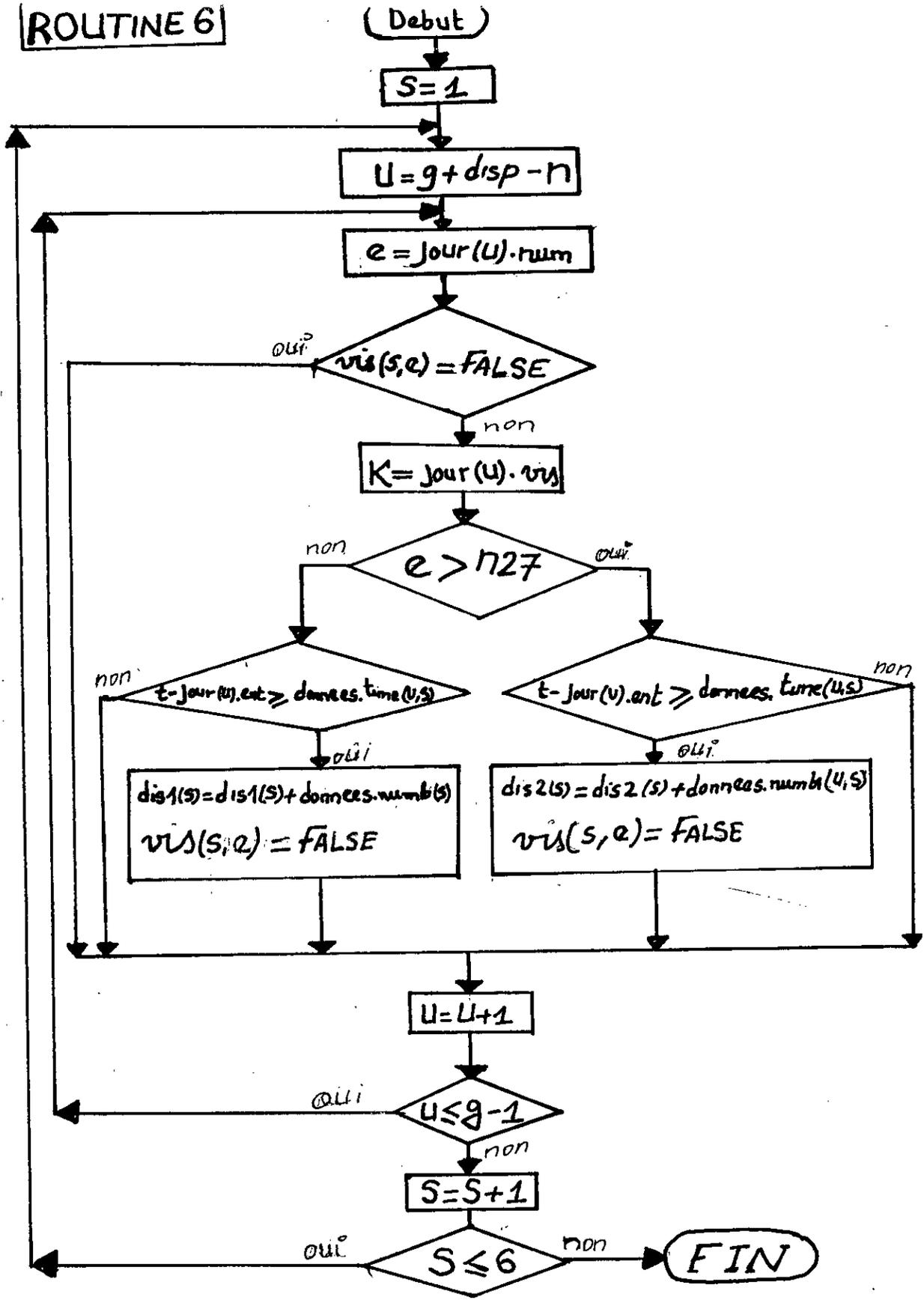
$U = U + 1$

$U \leq g - 1$

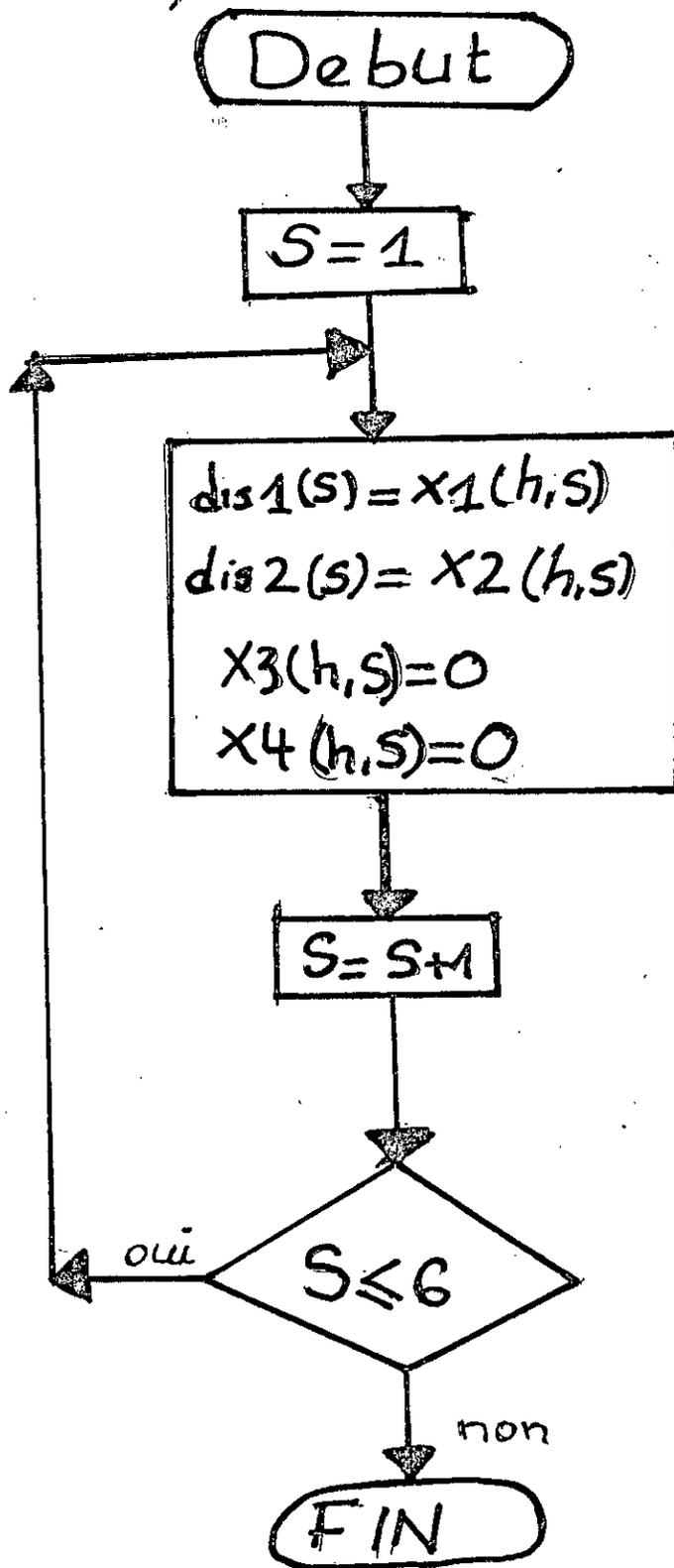
non

FIN

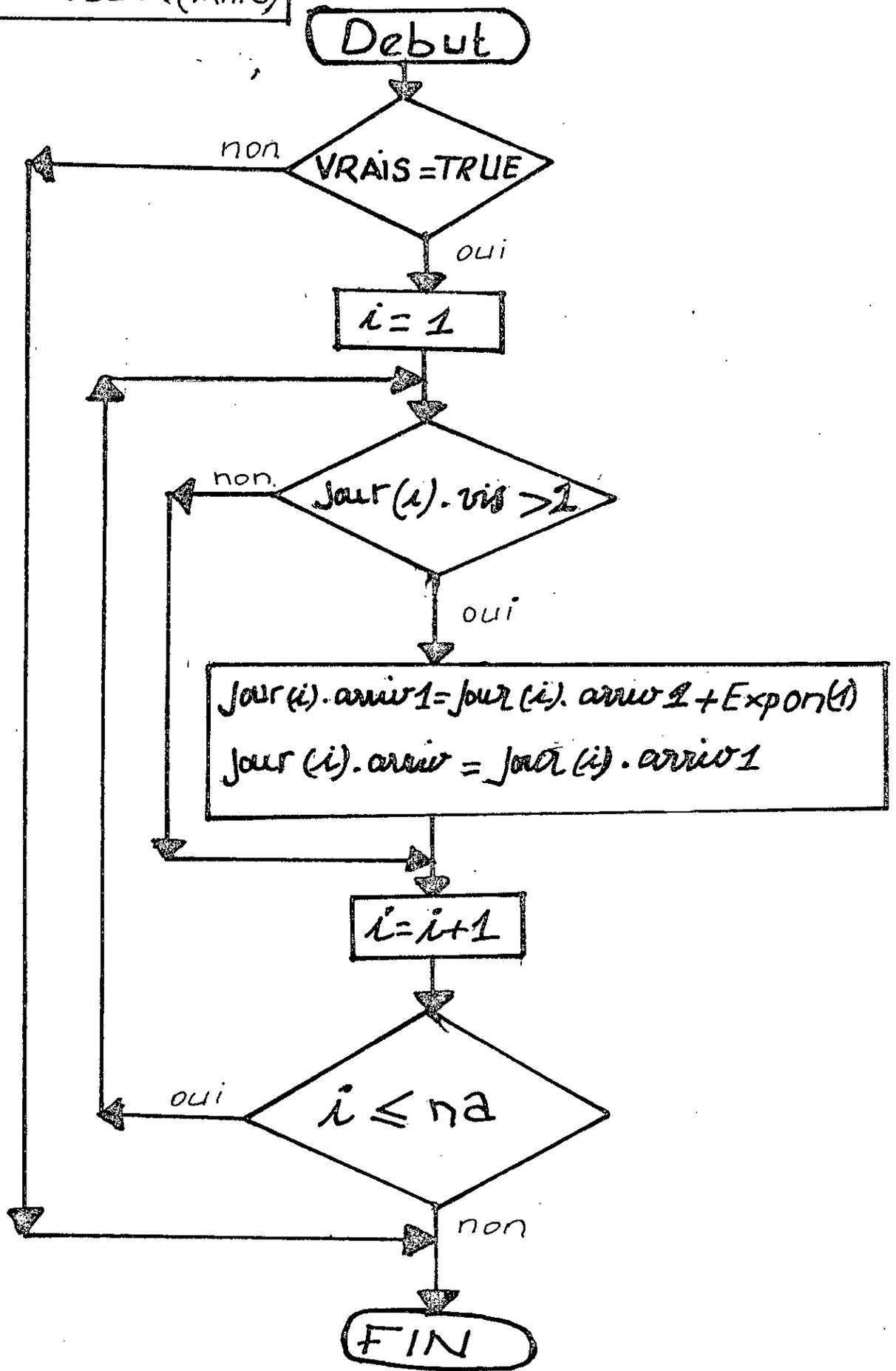
# ROUTINE 6



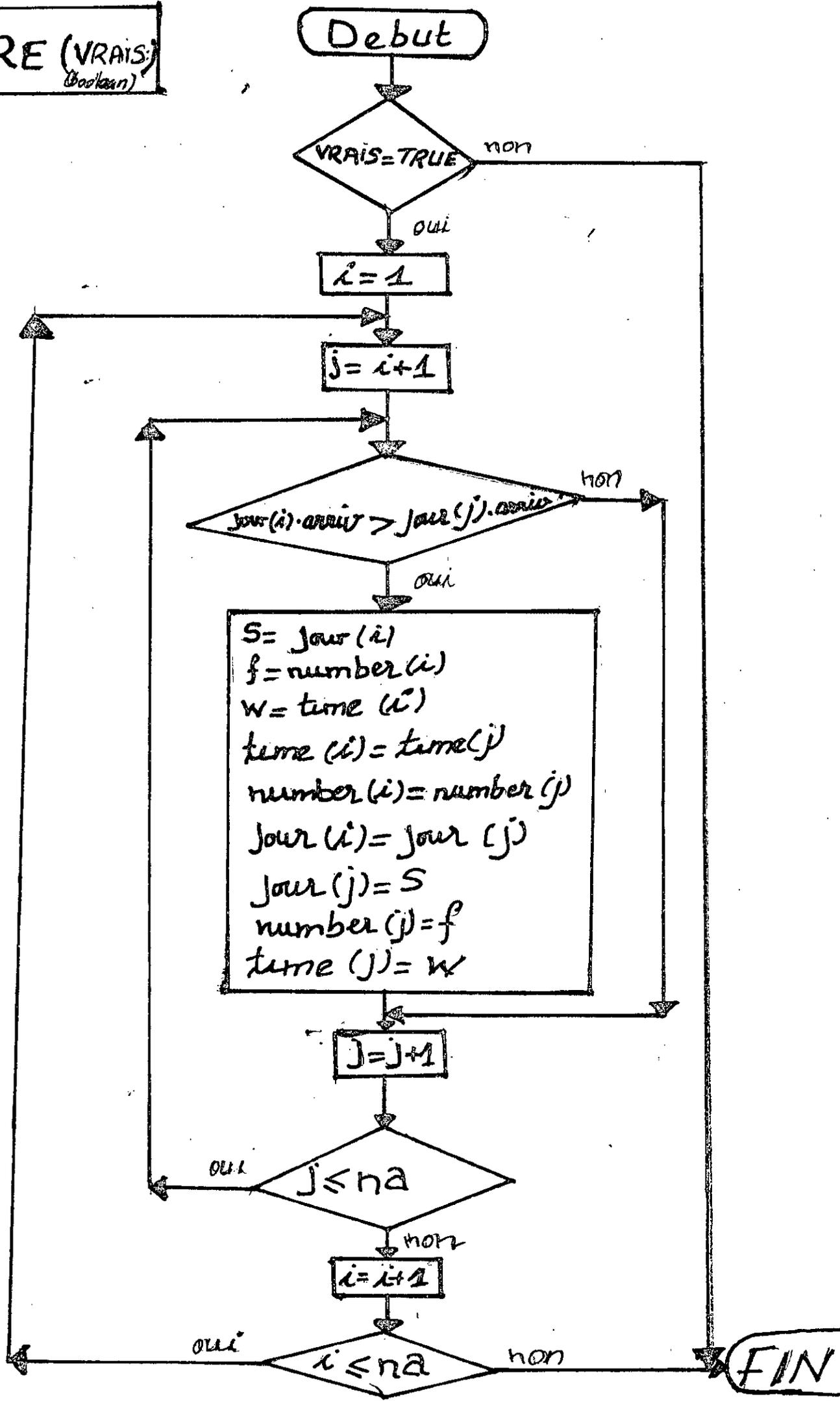
# ROUTINE 8



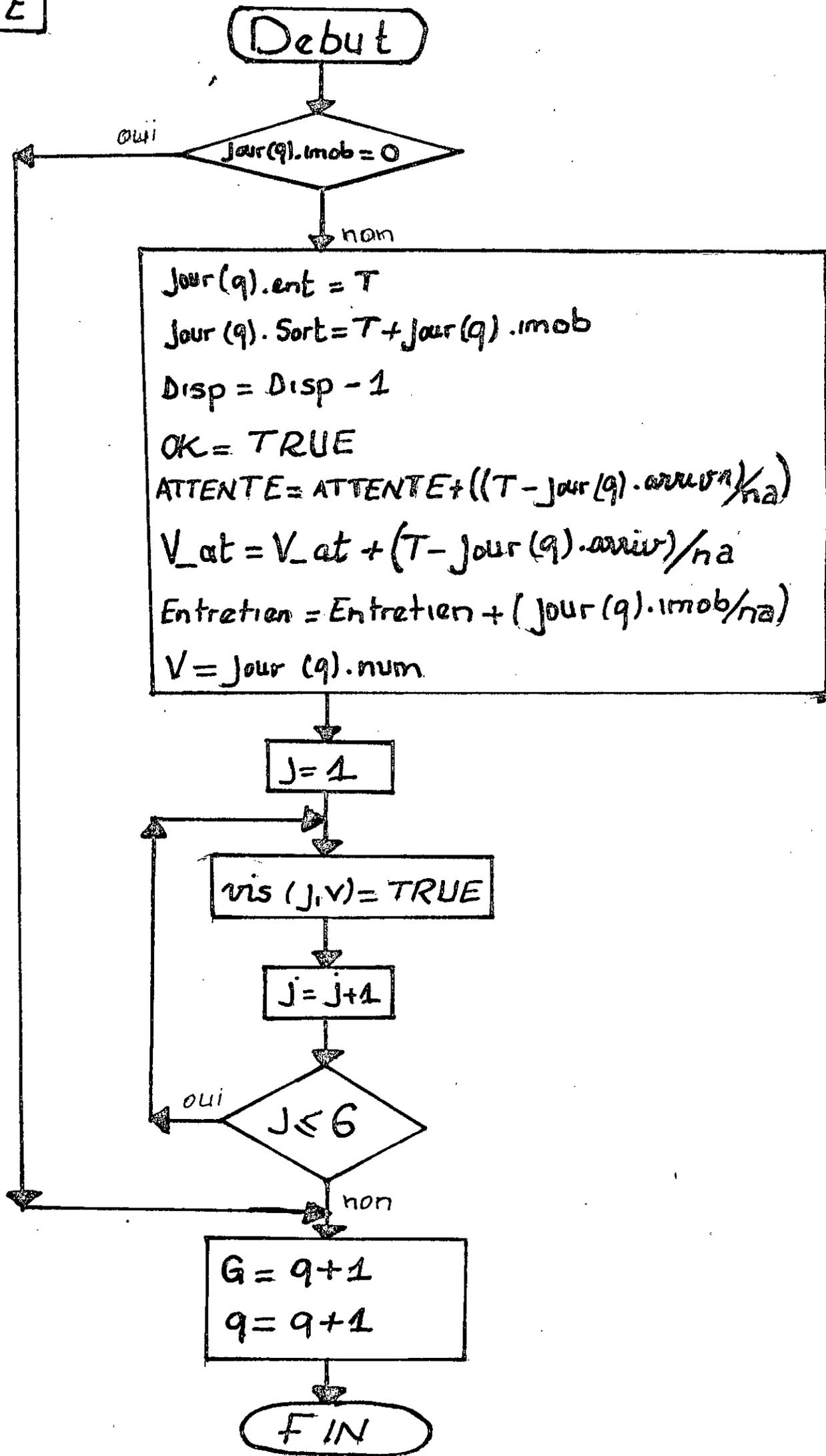
**PERTURBER (VRAIS)**



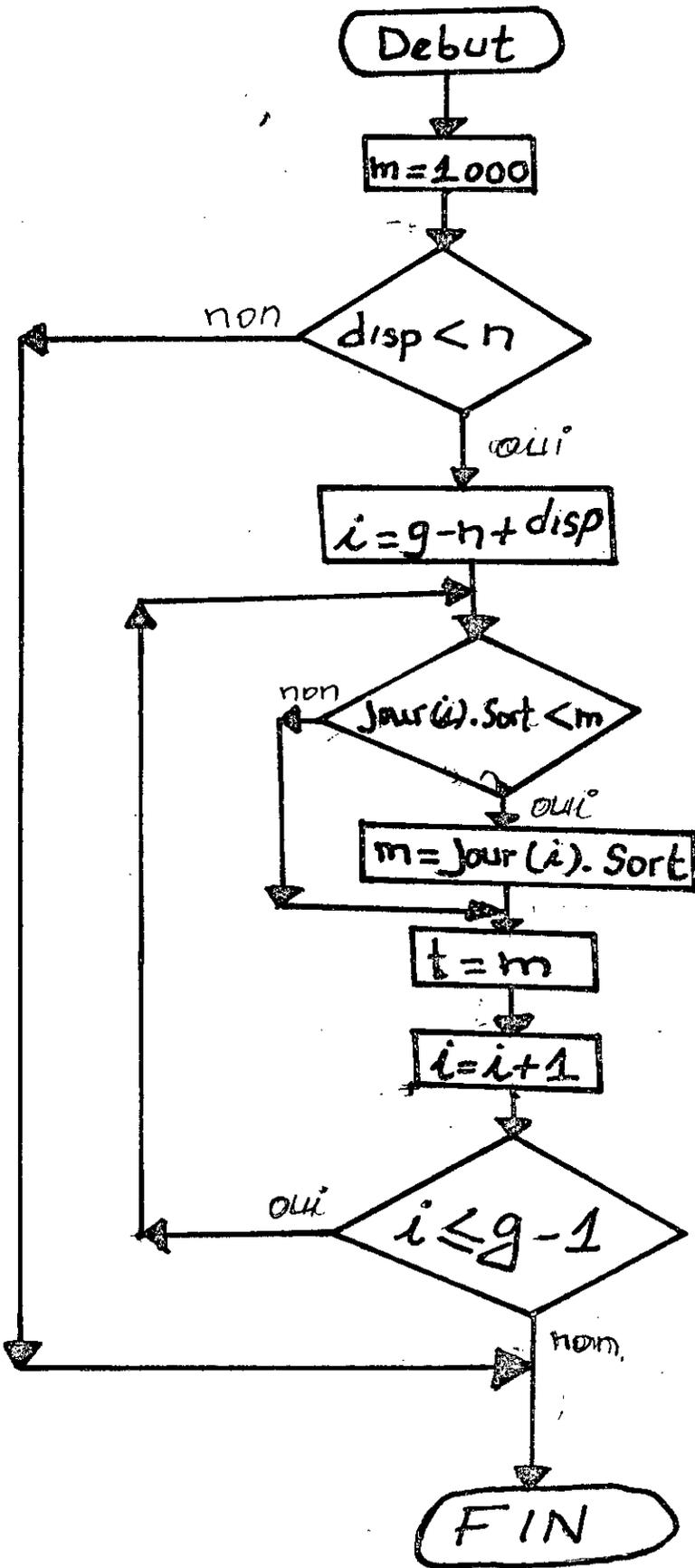
ORDRE (VRAIS)  
(Boolean)



# ENTREE



**SORTIE**



A N N E X E F

LE TEST DE KOLMOGOROV - SMIRNOV :

Afin de statuer sur la qualite de nos ajustements , nous avons opté pour le test de kolmogorov\_ smirnov (k,s) . Il nous semble nécessaire alors, de le presenter plus en detail .

Soit F(x) la fonction de repartition empirique de l'echantillon étudié. Supposons que G(x) soit la fonction de repartition continue et croissante de l'echantillon étudié.

Nous avons :

$$D_n = \text{MAX} | F(x) - G(x) |$$

il a été démontré que la quantité ( Dn ) suit une loi de probabilité independante de la taille de l'échantillon (n), quelle que soit la fonction de répartition theorique G(x).

On a alors :

$$\begin{array}{l}
 * * * * * \\
 * \\
 * P [ \text{MAX} | F(x) - G(x) | < D_{n,a} ] = 1 - a * \quad (I) \\
 * \\
 * * * * *
 \end{array}$$

avec

a: le risque de l'ajustement .

Dn,a : statistique critique du test de (k,s) .  
c'est une valeur tabulée

Dn : statistique modifiée du test de (k,s) .

Si la formule (I) est verifiée , nous pouvons dire que :  
il existe 100 \* (1- a) chances sur 100 pour que l'intervalle  
[ F(x) - Dn,a ; F(x) + Dn,a ] contienne la valeur de G(x) ; et donc  
G(x) est admis comme distribution theorique de l'echantillon.  
Dans le cas contraire ,G(x) n'ajuste pas f(x) .

LE THEOREME CENTRAL LIMITE :

---

soit  $X_1, X_2, \dots, X_n$  un échantillon aléatoire d'espérance  $E$  et de variance  $\text{var}$  nous avons :

lorsque  $n \rightarrow +\infty$  alors

$Z_n = (\bar{X} - E) / \sqrt{(\text{var}/n)}$  suit une normale  $(0,1)$

En pratique il suffit d'avoir  $n > 30$  .

LE CALCUL DES INTERVALLES DE CONFIANCE : (I-C)

---

L'estimation d'un intervalle de confiance pour estimer un certain paramètre  $M$  , consiste à trouver 2 statistiques  $T_1$  et  $T_2$  de manière à ce que  $m$  appartienne à  $[T_1, T_2]$  avec une grande probabilité .

$$\text{PROB}( M \in [T_1, T_2] ) = 1 - r$$

avec

\*  $1-r$  : le seuil de confiance

\*  $r$  : le risque .

EXEMPLE:

soit un échantillon de valeurs  $(X_1, X_2, \dots, X_n)$  , indépendantes et identiquement distribuées , de taille  $n$  supérieure à 30.

Soit  $(M)$  la moyenne théorique de l'échantillon (à estimer par I-C )

soit  $(\text{moy})$  sa moyenne empirique et  $(\text{ecr})$  son écart type calculé .

Nous savons que :

$$( M - \text{MOY} ) / (\text{ecr}/\sqrt{n}) \text{ suit une normale } (0,1)$$

alors  $M$  appartient à  $[ \text{moy} - Z_r * \text{ecr} / n , \text{moy} + Z_r * \text{ecr} / n ]$

avec

$Z_r$  : la valeur tabulée de la loi normale  $N(0,1)$

correspondant au risque  $(r)$ .

SCENARIO N° 1 :

LA SOLUTION POUR UN, DEUX, ET TROIS HANGARS  
SANS GENERATION D'ALEAS

UN HANGAR

PERFORMANCES	DUREES	ECART TYPE
TEMPS D'ATTENTE TOTALE / AVION	4285,50 Min	/
TEMPS D'ATTENTE QUOTIDIEN / AVION	23,00 Min	0,15
TEMPS D'ENTRETIEN TOTAL / AVION	15827,50 Min	/
TEMPS D'ENTRETIEN QUOTIDIEN/AVION	85,10 Min	0,10

QUALIFICATION 8727	C R E N E A U 1				C R E N E A U 2				C R E N E A U 3			
SPECIALITE	SOLUTION	BESOINS QUOT.	CHARGES QUOT.	TAUX ACTIV. (%)	SOLUTION	BESOINS QUOT.	CHARGES QUOT.	TAUX ACTIV. (%)	SOLUTION	BESOINS QUOT.	CHARGES QUOT.	TAUX ACTIV. (%)
CELLULE /	7,00	1,92	27,31	8	3,00	2,05	33,96	25	2,00	0,08	0,57	1
MOTEUR	4,00	1,82	10,53	11	3,00	2,05	15,18	21	2,00	0,08	0,26	1
EQUIPEMENT	2,00	1,73	12,12	18	2,00	2,00	20,45	30	2,00	0,08	0,37	1
ELECTRICITE	2,00	0,92	3,18	13	2,00	1,05	04,03	17	1,00	0,04	0,07	1
RADIO	2,00	0,90	2,57	9	1,00	1,00	04,06	30	1,00	0,04	0,07	1
CHAUDRONNERIE	1,00	0,87	2,10	18	1,00	1,00	03,58	30	1,00	0,04	0,06	1

QUALIFICATION 8737	C R E N E A U 1				C R E N E A U 2				C R E N E A U 3			
SPECIALITE	SOLUTION	BESOINS QUOT.	CHARGES QUOT.	TAUX ACTIV. (%)	SOLUTION	BESOINS QUOT.	CHARGES QUOT.	TAUX ACTIV. (%)	SOLUTION	BESOINS QUOT.	CHARGES QUOT.	TAUX ACTIV. (%)
CELLULE	6,00	0,84	7,15	3	3,00	1,34	13,92	10	0,00	0,00	0,00	00
MOTEUR	4,00	0,83	4,31	4	3,00	1,34	09,10	11	0,00	0,00	0,00	00
EQUIPEMENT	2,00	0,80	3,07	7	2,00	1,31	07,35	16	0,00	0,00	0,00	00
ELECTRICITE	2,00	0,42	1,53	3	2,00	0,68	03,27	06	0,00	0,00	0,00	00
RADIO	2,00	0,40	1,18	5	1,00	0,66	02,78	22	0,00	0,00	0,00	00
CHAUDRONNERIE	1,00	0,40	0,47	7	1,00	0,66	01,14	16	0,00	0,00	0,00	00

DEUX HANGARS

PERFORMANCES	DUREES	ECART TYPE
TEMPS D'ATTENTE TOTALE / AVION	692,20 Min	/
TEMPS D'ATTENTE QUOTIDIEN / AVION	03,70 Min	0,40
TEMPS D'ENTRETIEN TOTAL / AVION	15827,50 Min	/
TEMPS D'ENTRETIEN QUOTIDIEN/AVION	85,10 Min	1,00

QUALIFICATION B727	C R E N E A U 1				C R E N E A U 2				C R E N E A U 3			
SPECIALITE	SOLUTION	BESOINS QUOT.	CHARGES QUOT.	TAUX ACTIV. (%)	SOLUTION	BESOINS QUOT.	CHARGES QUOT.	TAUX ACTIV. (%)	SOLUTION	BESOINS QUOT.	CHARGES QUOT.	TAUX ACTIV. (%)
CELLULE	9,00	1,98	29,15	7	5,00	2,63	32,68	14	0,00	0,00	0,00	00
MOTEUR	6,00	1,87	11,37	8	5,00	2,16	14,60	12	0,00	0,00	0,00	00
EQUIPEMENT	4,00	1,76	13,32	10	4,00	2,46	19,62	14	0,00	0,00	0,00	00
ELECTRICITE	3,00	0,95	3,41	9	2,00	1,10	03,87	16	0,00	0,00	0,00	00
RADIO	3,00	0,91	2,81	7	2,00	1,04	03,89	14	0,00	0,00	0,00	00
CHAUDRONNERIE	2,00	0,87	2,31	10	2,00	1,04	03,43	14	0,00	0,00	0,00	00

QUALIFICATION B737	C R E N E A U 1				C R E N E A U 2				C R E N E A U 3			
SPECIALITE	SOLUTION	BESOINS QUOT.	CHARGES QUOT.	TAUX ACTIV. (%)	SOLUTION	BESOINS QUOT.	CHARGES QUOT.	TAUX ACTIV. (%)	SOLUTION	BESOINS QUOT.	CHARGES QUOT.	TAUX ACTIV. (%)
CELLULE	6,00	0,94	7,78	3	5,00	1,31	13,29	06	0,00	0,00	0,00	00
MOTEUR	4,00	0,92	4,74	4	3,00	1,31	08,67	10	0,00	0,00	0,00	00
EQUIPEMENT	2,00	0,89	3,43	8	2,00	1,29	06,99	16	0,00	0,00	0,00	00
ELECTRICITE	2,00	0,47	1,68	3	2,00	0,66	03,12	05	0,00	0,00	0,00	00
RADIO	2,00	0,45	1,32	5	1,00	0,65	02,65	21	0,00	0,00	0,00	00
CHAUDRONNERIE	1,00	0,45	0,52	8	1,00	0,65	01,08	16	0,00	0,00	0,00	00

TROIS HANGARS

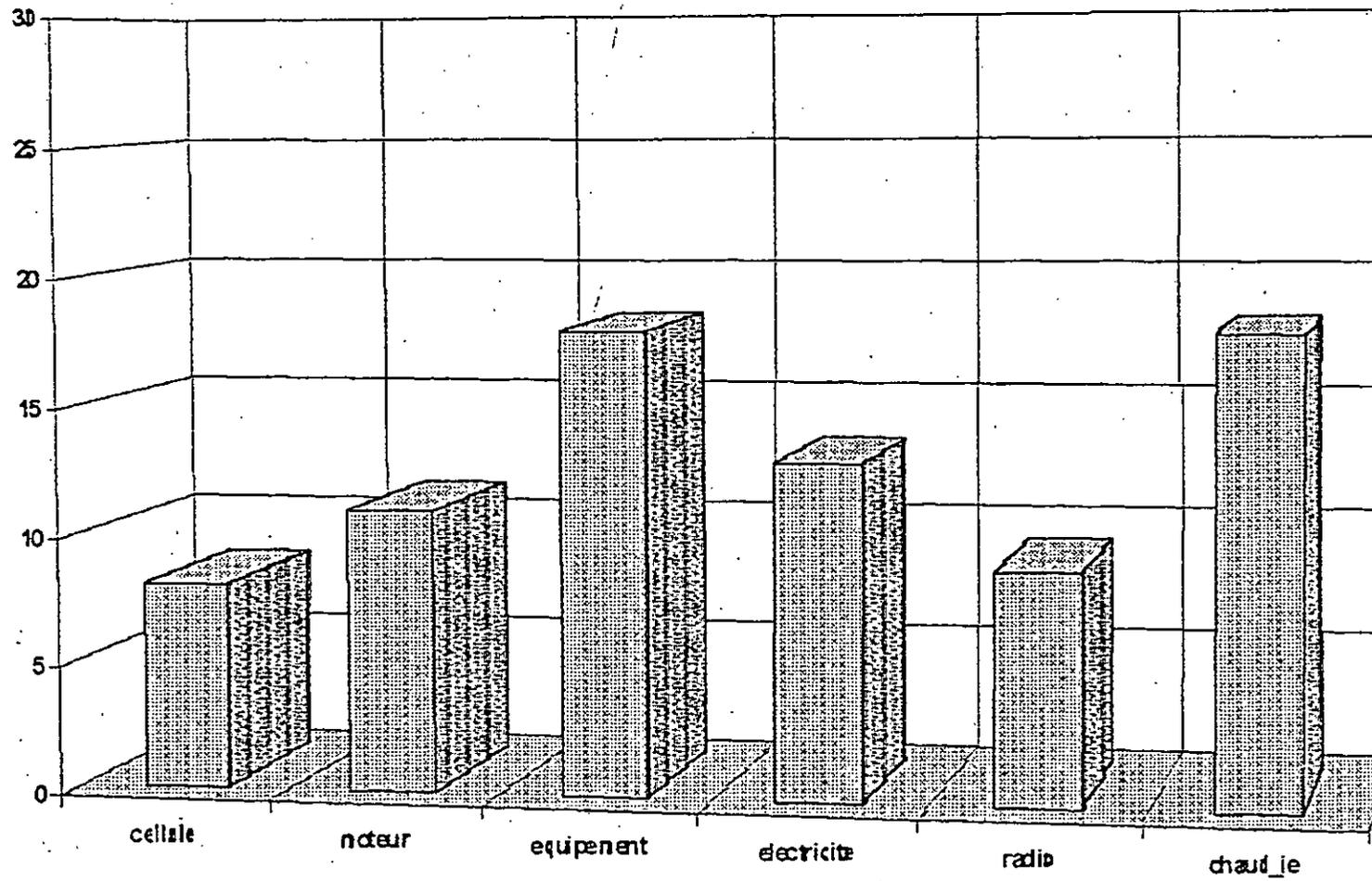
PERFORMANCES	DUREES	ECART TYPE
TEMPS D'ATTENTE TOTALE / AVION	438,30 Min	/
TEMPS D'ATTENTE QUOTIDIEN / AVION	02,40 Min	0,40
TEMPS D'ENTRETIEN TOTAL / AVION	15827,50 Min	/
TEMPS D'ENTRETIEN QUOTIDIEN/AVION	85,10 Min	0,10

QUALIFICATION 8727	CRENEAU 1				CRENEAU 2				CRENEAU 3			
SPECIALITE	SOLUTION	BESOINS QUOT.	CHARGES QUOT.	TAUX ACTIV. (%)	SOLUTION	BESOINS QUOT.	CHARGES QUOT.	TAUX ACTIV. (%)	SOLUTION	BESOINS QUOT.	CHARGES QUOT.	TAUX ACTIV. (%)
CELLULE	9,00	1,98	29,15	7	7,00	3,02	32,68	10	0,00	0,00	0,00	00
MOTEUR	6,00	1,87	11,37	8	5,00	2,37	14,60	12	0,00	0,00	0,00	00
EQUIPEMENT	4,00	1,76	13,32	10	4,00	2,67	19,62	14	0,00	0,00	0,00	00
ELECTRICITE	3,00	0,95	3,41	9	2,00	1,10	03,87	16	0,00	0,00	0,00	00
RADIO	3,00	0,91	2,81	7	2,00	1,05	03,89	14	0,00	0,00	0,00	00
CHAUDRONNERIE	2,00	0,87	2,31	10	2,00	1,05	03,43	14	0,00	0,00	0,00	00

QUALIFICATION 8737	CRENEAU 1				CRENEAU 2				CRENEAU 3			
SPECIALITE	SOLUTION	BESOINS QUOT.	CHARGES QUOT.	TAUX ACTIV. (%)	SOLUTION	BESOINS QUOT.	CHARGES QUOT.	TAUX ACTIV. (%)	SOLUTION	BESOINS QUOT.	CHARGES QUOT.	TAUX ACTIV. (%)
CELLULE	6,00	0,94	7,78	3	5,00	1,31	13,29	06	0,00	0,00	0,00	00
MOTEUR	4,00	0,92	4,74	4	3,00	1,31	08,67	10	0,00	0,00	0,00	00
EQUIPEMENT	2,00	0,89	3,43	8	2,00	1,29	06,99	16	0,00	0,00	0,00	00
ELECTRICITE	2,00	0,47	1,68	3	2,00	0,66	03,12	05	0,00	0,00	0,00	00
RADIO	2,00	0,45	1,32	5	1,00	0,65	02,65	21	0,00	0,00	0,00	00
CHAUDRONNERIE	1,00	0,45	0,52	8	1,00	0,65	01,08	16	0,00	0,00	0,00	00

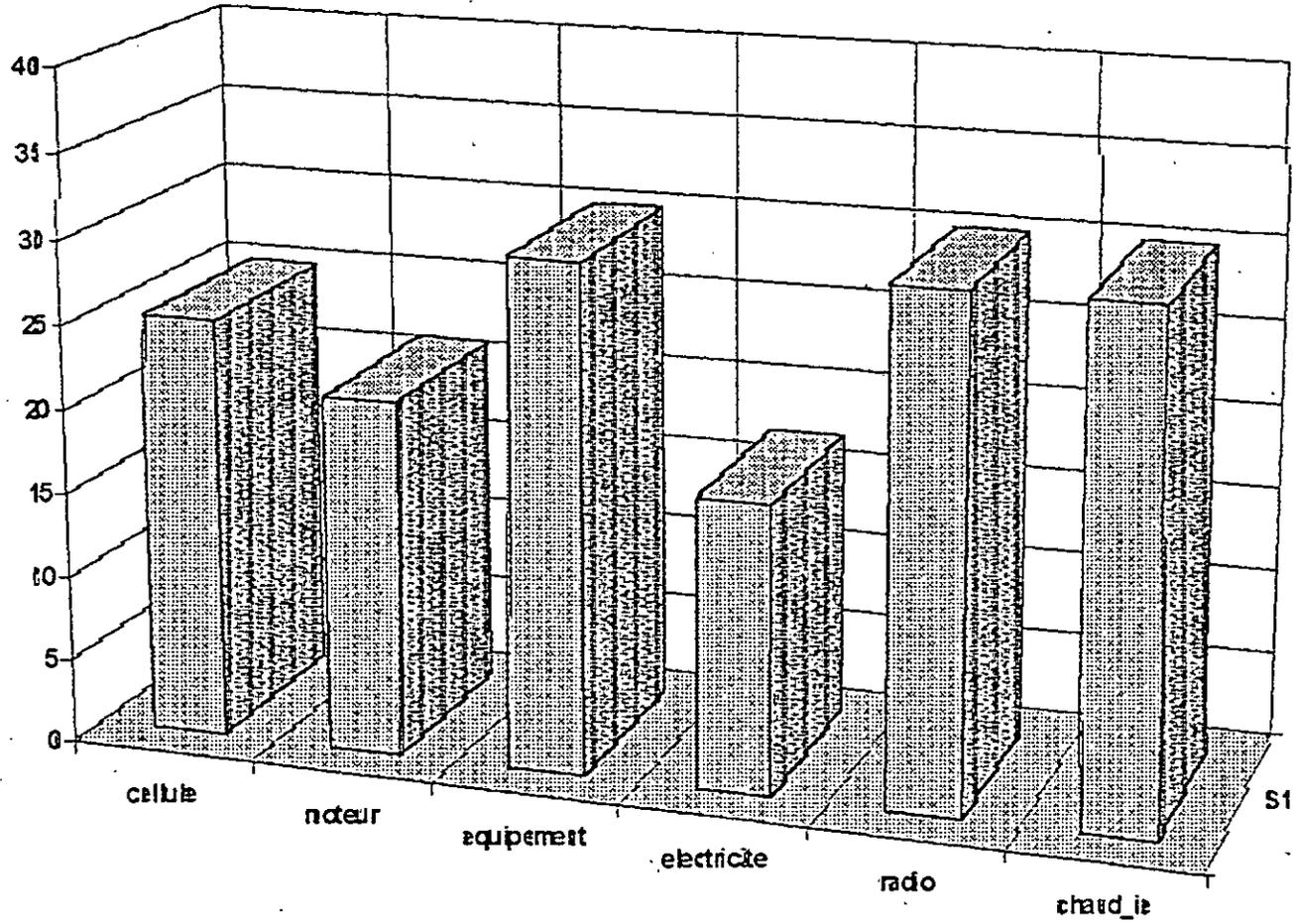
TAUX D'ACTIVITE  
B721 (1 hangar)  
cenera 1 (sans alets)

□ Série1



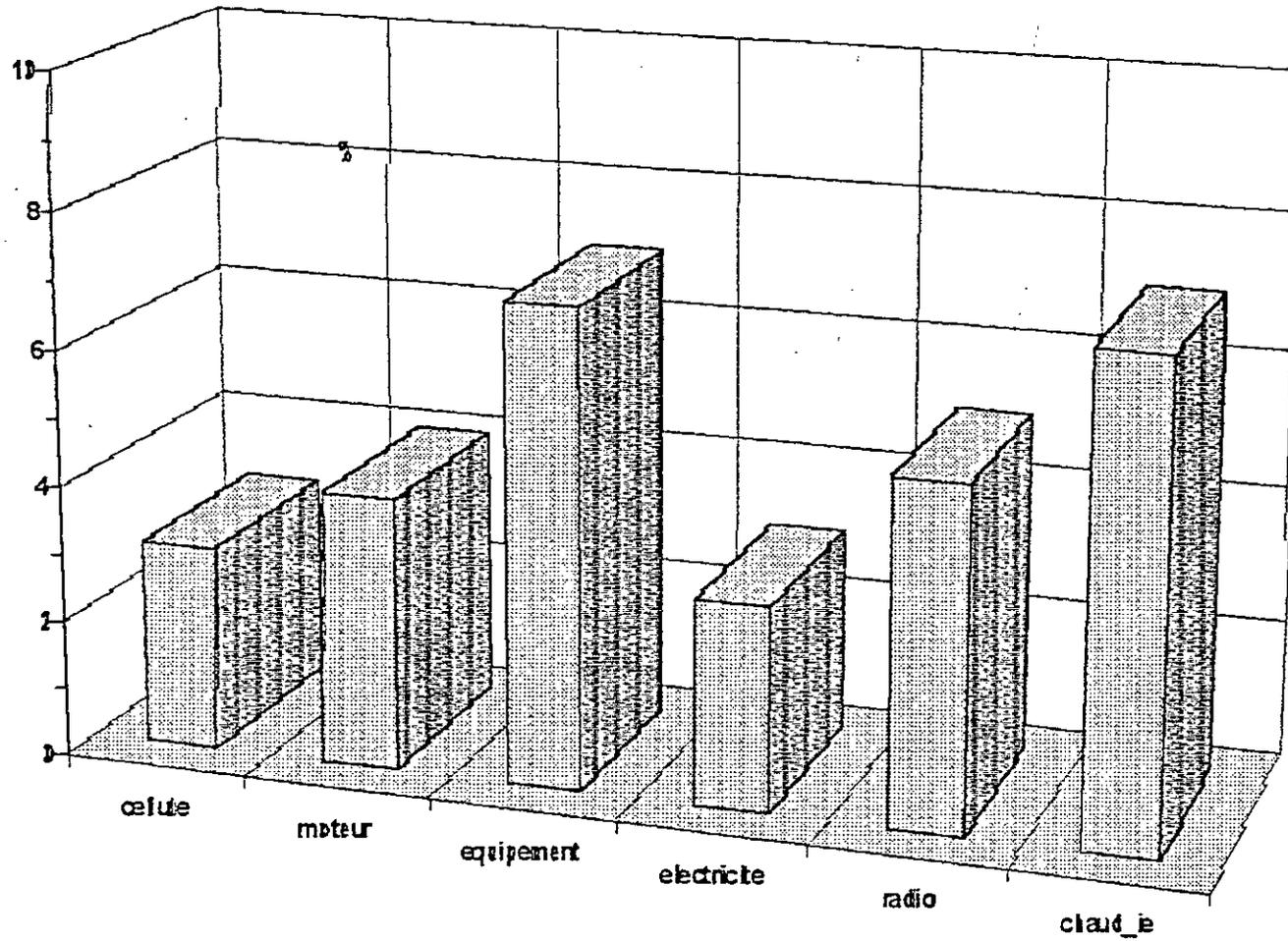
TAUX D'ACTIVITE  
B727 (1 hangar)  
niveau 1 (sans a/c)

□ Série1



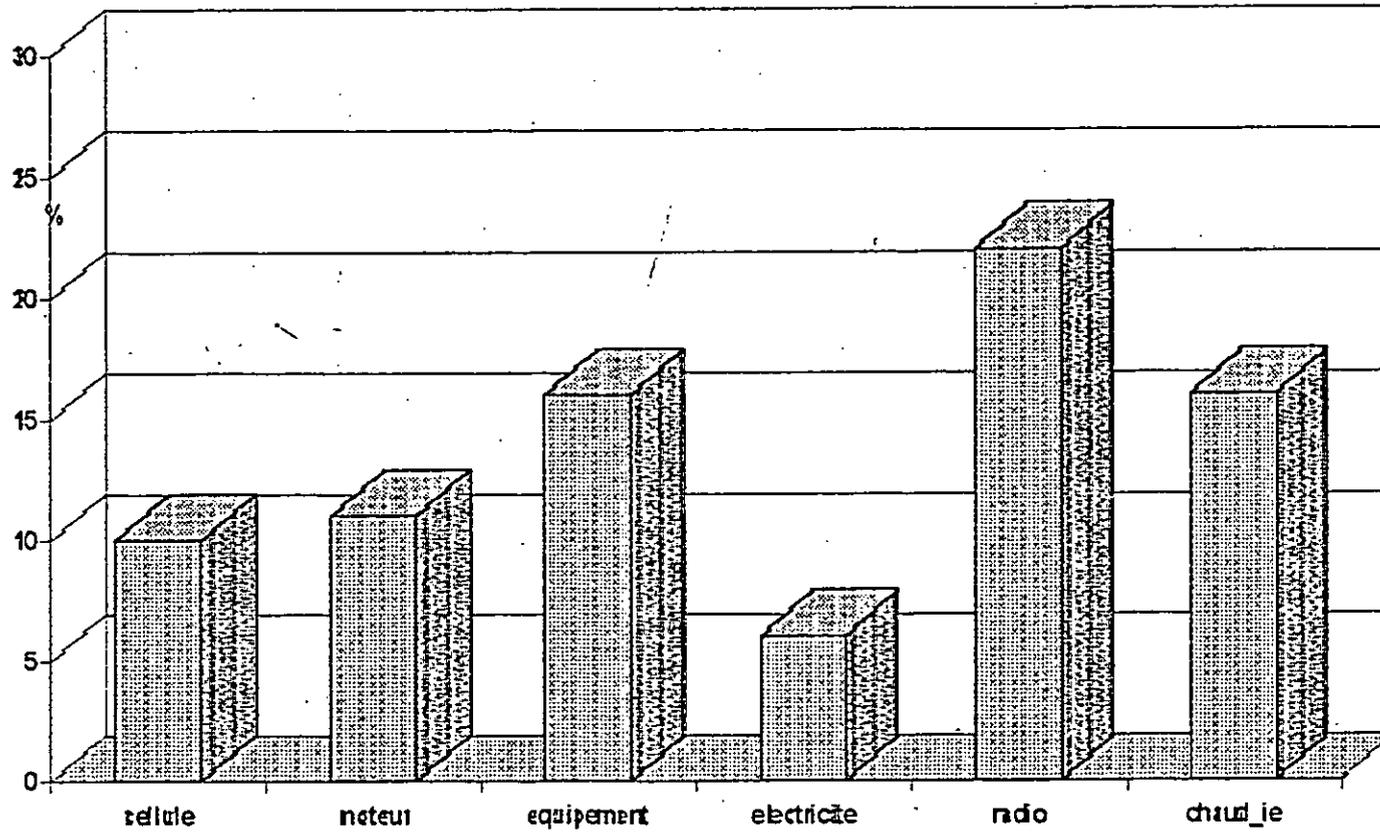
TAUX D'ACTIVITE  
H737 (1 hangar)  
creneau 1 (sans ailes)

Série 1

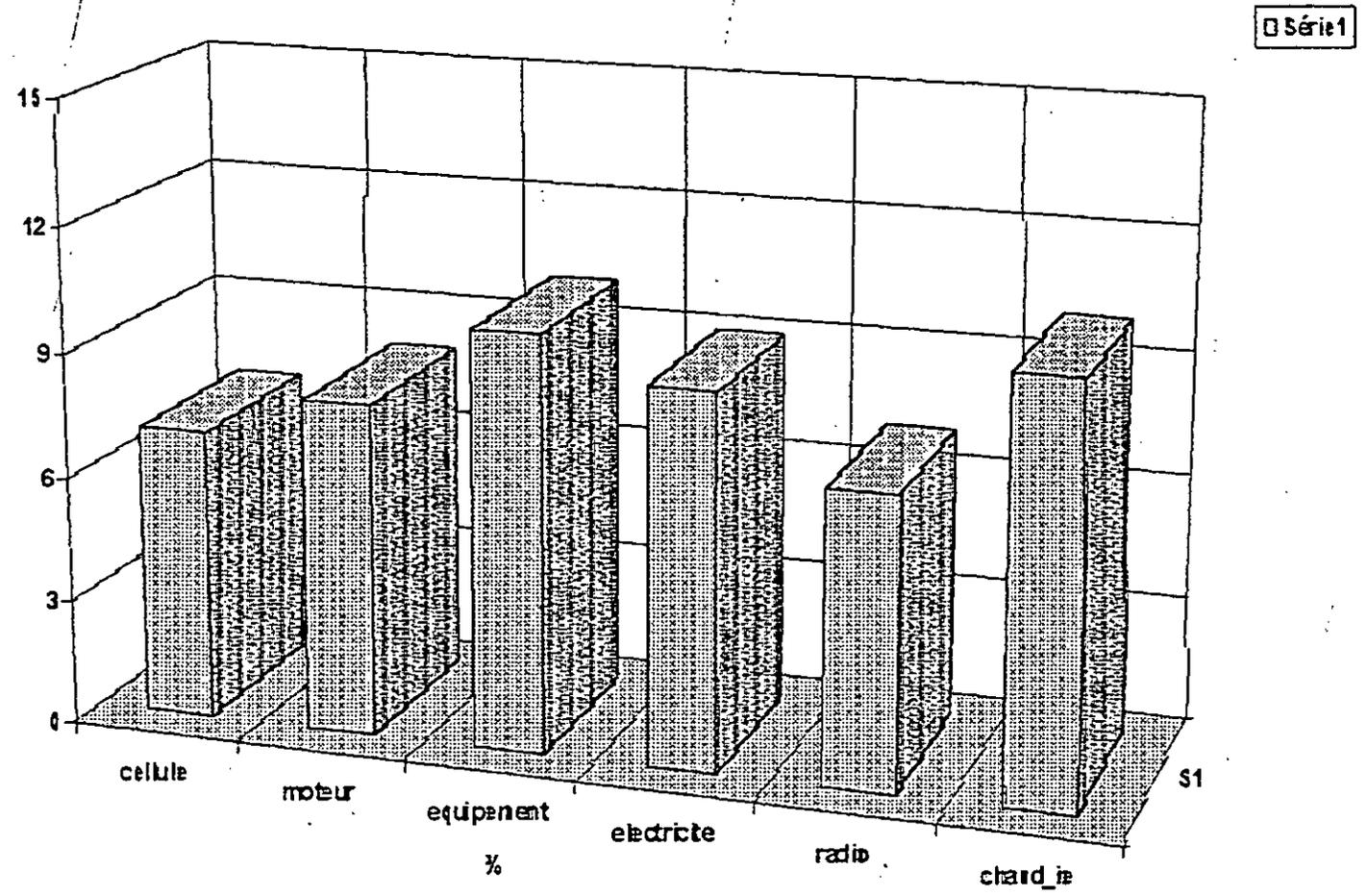


TAUX D'ACTIVITE (%)  
B737 (1 hangar)  
niveau 2 (sans aeras)

□ Série1

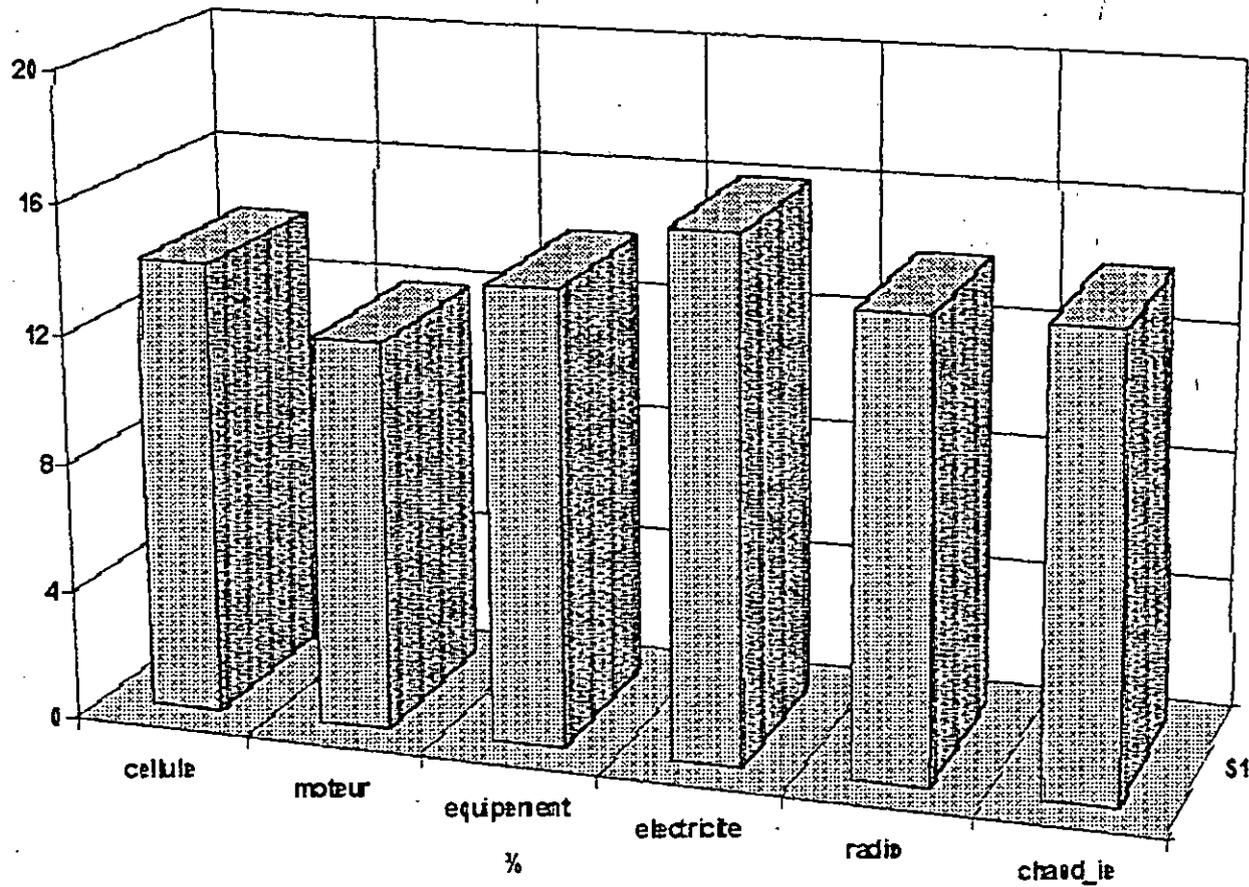


TAUX D'ACTIVITE (%)  
B721 (Zhangar)  
creneau 1 (sans aleas)



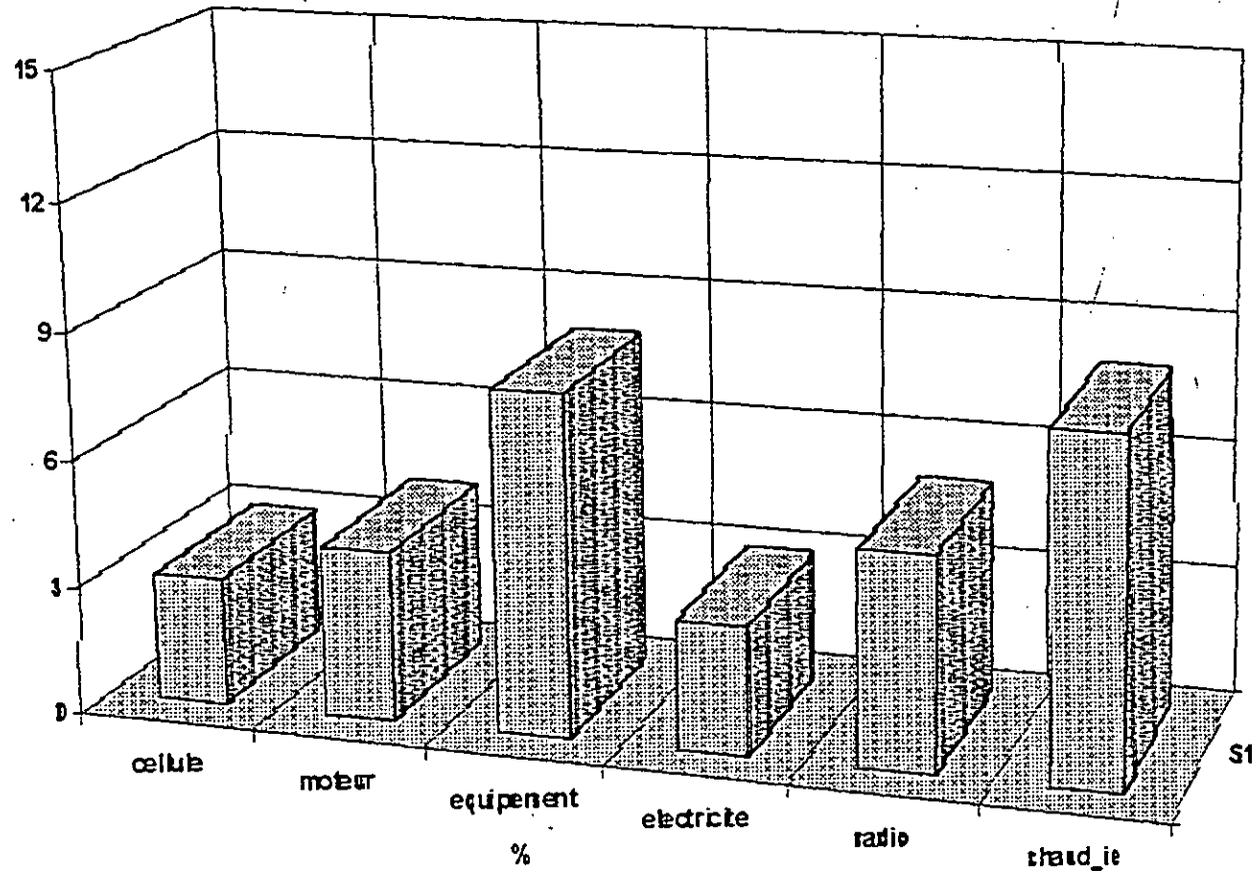
TAUX D'ACTIVITE (%)  
B721 (Zhangar)  
niveau 2 (sans deis)

■ Série 1



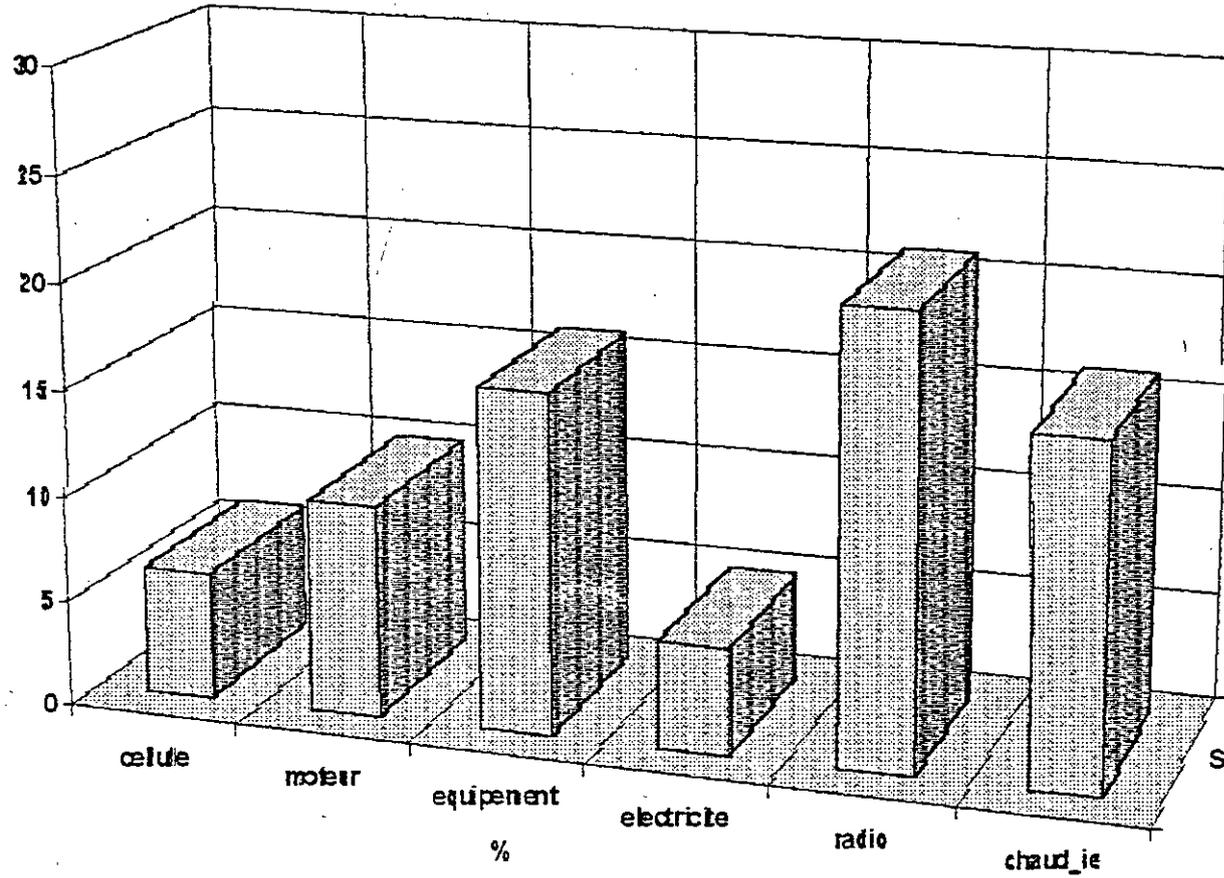
TAUX D'ACTIVITE (%)  
B737 (Zhangar)  
crenat I (sans des)

Série 1

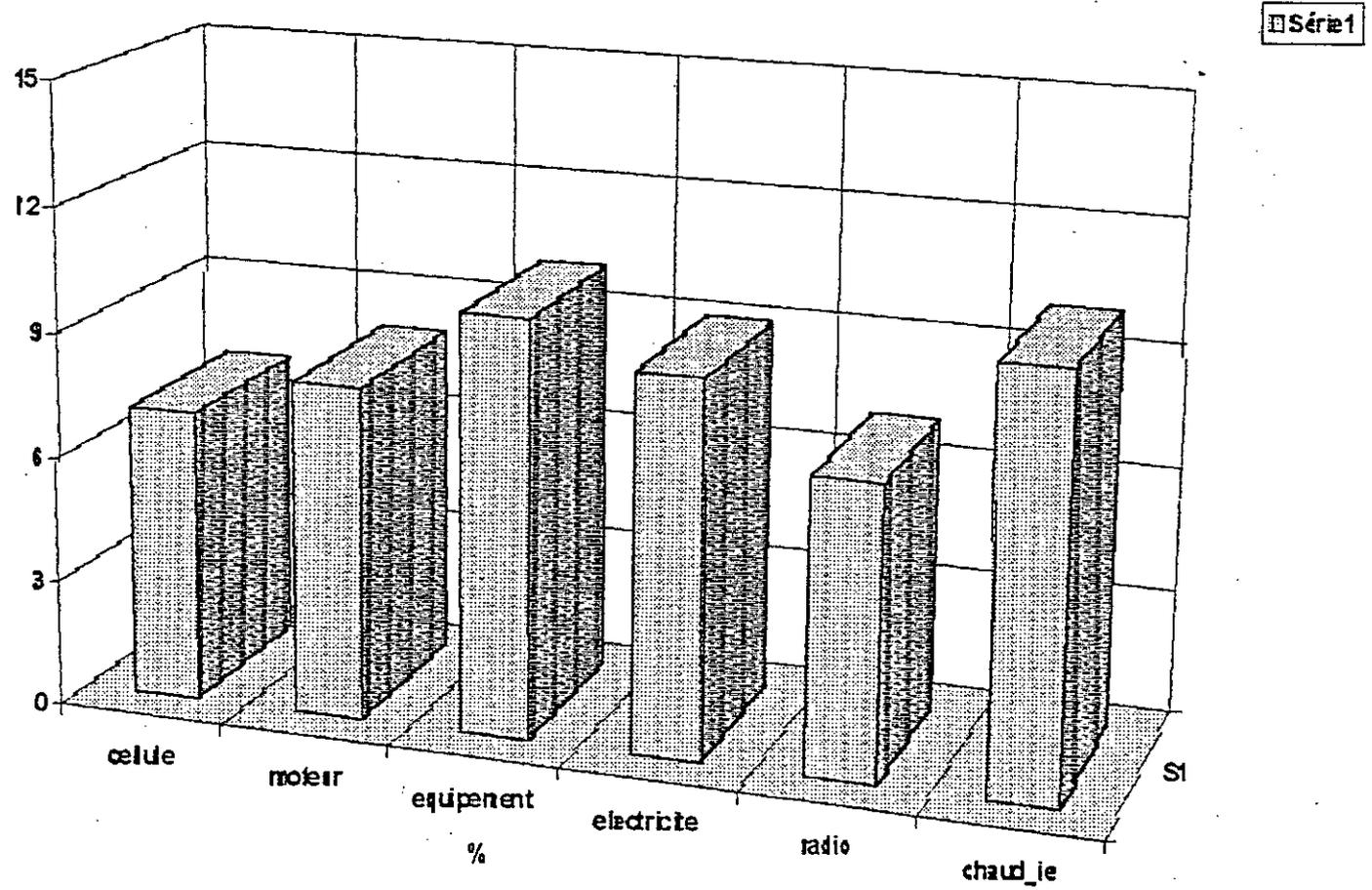


TAUX D'ACTIVITE (%)  
B737 (2hangar)  
creneau 1 (sans a/c)

■ Série1

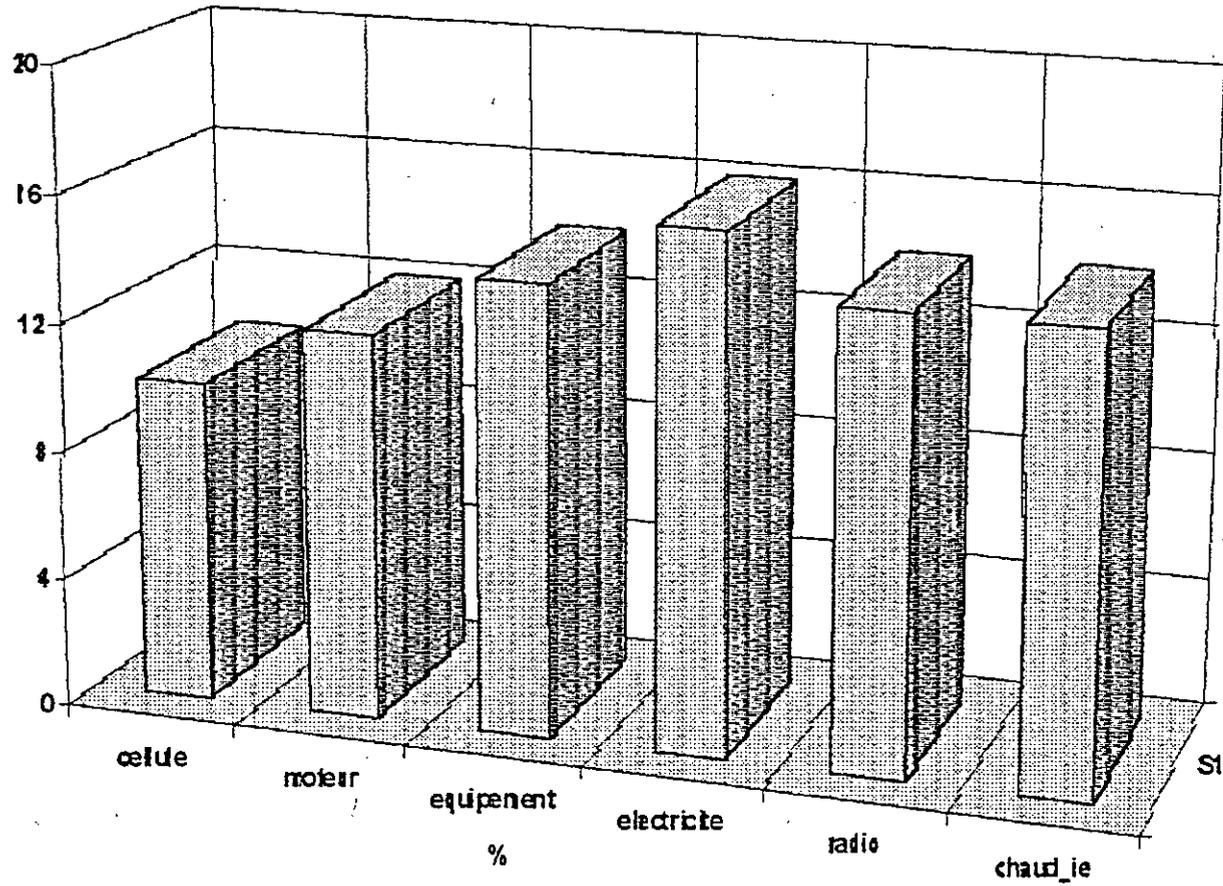


taux d'activite (%)  
b727 (3 hangar)  
creneau 1 (sans aleas)



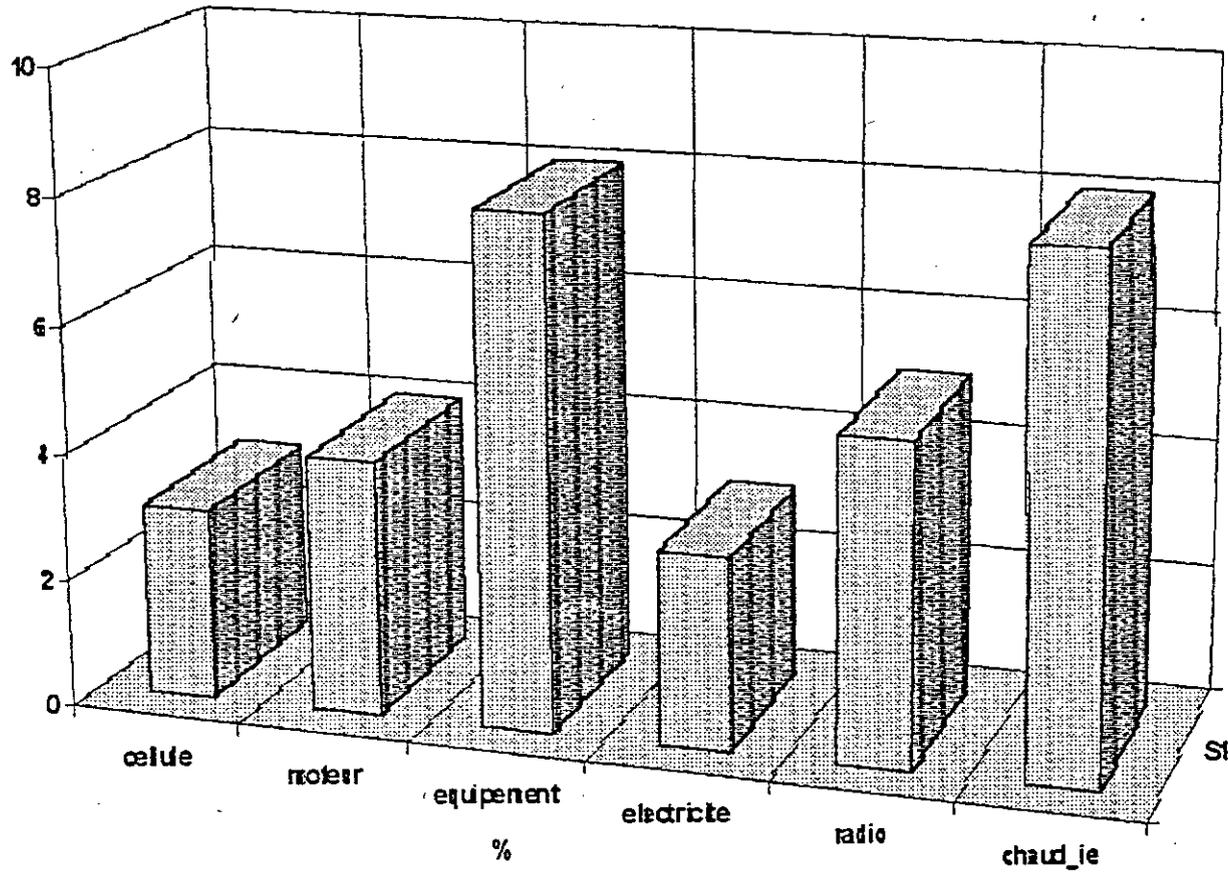
taux d'activite (%)  
b727 (3 hangar)  
creneau 2 (sans aleas)

Serie1



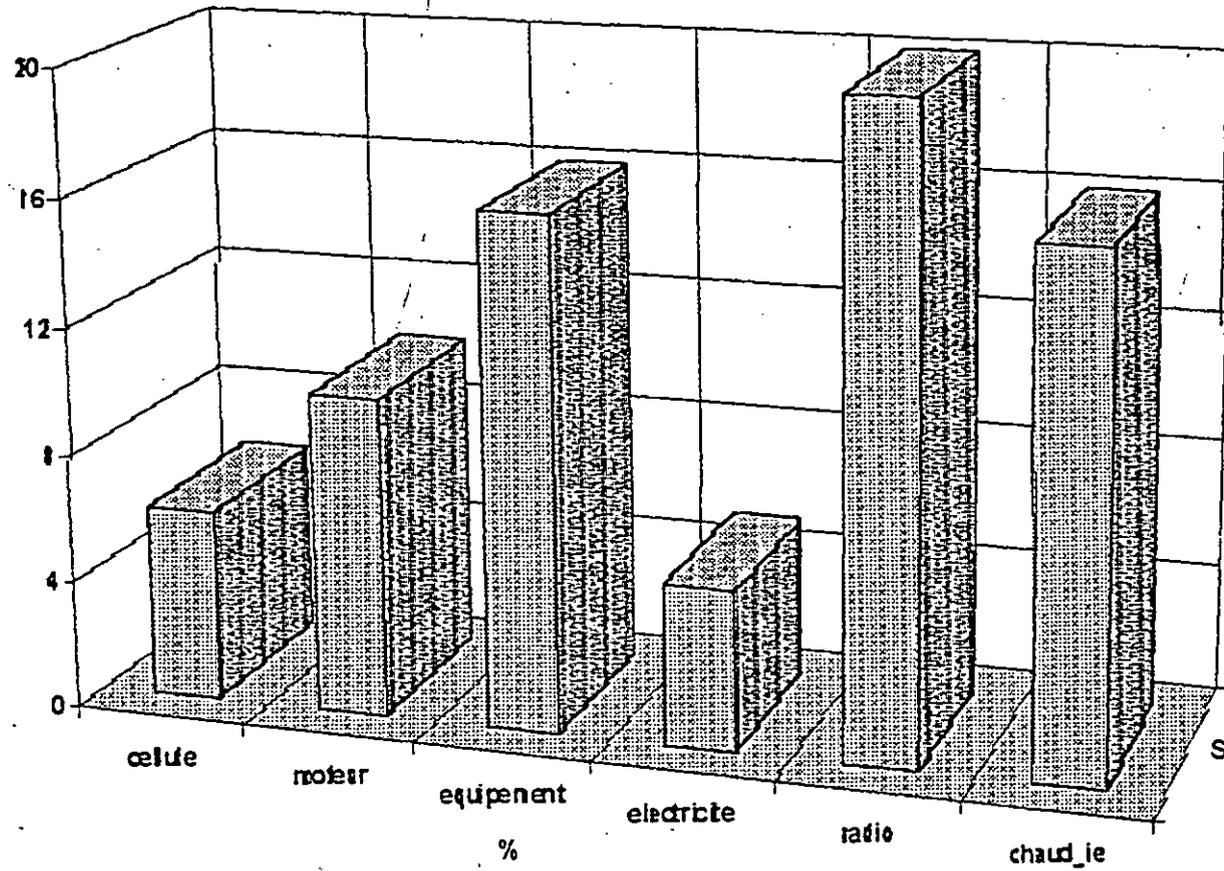
taux d'activite (%)  
b737 (\$ hangar)  
creneau 1(sans aleas)

■ Série 1



taux d'activite (%)  
b737 (3 hangar)  
creneau 2 (sans aleas)

Série 1



SCENARIO N° 2 :

SOLUTION UN, DEUX, ET TROIS HANGARS

AVEC GENERATION D'ALEAS.

UN HANGAR

PERFORMANCES	DUREES	ECART TYPE
TEMPS D'ATTENTE TOTAL / AVION	4329,50 Min	/
TEMPS D'ATTENTE QUOTIDIEN / AVION	23,30 Min	0,30
TEMPS D'ENTRETIEN TOTAL / AVION	15111,50 Min	/
TEMPS D'ENTRETIEN QUOTIDIEN/AVION	81,20 Min	0,20

QUALIFICATION 8727	CRENEAU 1				CRENEAU 2.				CRENEAU 3			
SPECIALITE	SOLUTION	BESOINS QUOT.	CHARGES QUOT.	TAUX ACTIV. (%)	SOLUTION	BESOINS QUOT.	CHARGES QUOT.	TAUX ACTIV. (%)	SOLUTION	BESOINS QUOT.	CHARGES QUOT.	TAUX ACTIV. (%)
CELLULE	7,00	1,90	26,80	08	3,00	2,05	34,06	25	2,00	0,11	0,87	01
MOTEUR	4,00	1,80	10,38	11	3,00	2,05	15,25	21	2,00	0,11	0,36	01
EQUIPEMENT	2,00	1,71	11,89	17	2,00	1,99	20,57	30	2,00	0,11	0,51	01
ELECTRICITE	2,00	0,91	3,15	13	2,00	1,05	04,05	17	1,00	0,05	0,09	01
RADIO	2,00	0,89	2,52	09	1,00	1,00	04,08	30	1,00	0,05	0,10	01
CHAUDRONNERIE	1,00	0,85	2,05	17	1,00	1,00	03,60	30	1,00	0,05	0,09	01

QUALIFICATION 8737	CRENEAU 1				CRENEAU 2				CRENEAU 3			
SPECIALITE	SOLUTION	BESOINS QUOT.	CHARGES QUOT.	TAUX ACTIV. (%)	SOLUTION	BESOINS QUOT.	CHARGES QUOT.	TAUX ACTIV. (%)	SOLUTION	BESOINS QUOT.	CHARGES QUOT.	TAUX ACTIV. (%)
CELLULE	6,00	0,74	6,58	02	3,00	1,40	14,53	10	0,60	0,00	0,02	00
MOTEUR	4,00	0,72	4,06	04	3,00	1,40	09,34	11	0,60	0,00	0,01	00
EQUIPEMENT	2,00	0,70	2,88	06	2,00	1,37	07,56	17	0,60	0,00	0,01	00
ELECTRICITE	2,00	0,37	1,45	02	2,00	0,71	03,37	06	0,30	0,00	0,00	00
RADIO	2,00	0,35	1,10	04	1,00	0,68	02,84	22	0,30	0,00	0,00	00
CHAUDRONNERIE	1,00	0,35	0,44	06	1,00	0,68	01,17	17	0,30	0,00	0,00	00

LA SOLUTION PAR INTERVALLES DE CONFIANCE

AVEC LE RISQUE DE 10 %

/ 1 HANGAR /

QUALIF b737	CRENEAU 1	CRENEAU 2	CRENEAU 3
CELLULE	6.00 +/- 0.00	3.00 +/- 0.00	0.60 +/- 0.23
MOTEUR	4.00 +/- 0.00	3.00 +/- 0.00	0.60 +/- 0.23
EQUIPEMENT	2.00 +/- 0.00	2.00 +/- 0.00	0.60 +/- 0.23
ELECTRICITE	2.00 +/- 0.00	2.00 +/- 0.00	0.30 +/- 0.11
RADIO	2.00 +/- 0.00	1.00 +/- 0.00	0.30 +/- 0.11
CHAUDRO..	1.00 +/- 0.00	1.00 +/- 0.00	0.30 +/- 0.11

LA SOLUTION PAR INTERVALLES DE CONFIANCE

AVEC LE RISQUE DE 05 %

/ 1 HANGAR /

QUALIF b737	CRENEAU 1	CRENEAU 2	CRENEAU 3
CELLULE	6.00 +/- 0.00	3.00 +/- 0.00	0.60 +/- 0.28
MOTEUR	4.00 +/- 0.00	3.00 +/- 0.00	0.60 +/- 0.28
EQUIPEMENT	2.00 +/- 0.00	2.00 +/- 0.00	0.60 +/- 0.28
ELECTRICITE	2.00 +/- 0.00	2.00 +/- 0.00	0.30 +/- 0.14
RADIO	2.00 +/- 0.00	1.00 +/- 0.00	0.30 +/- 0.14
CHAUDRO..	1.00 +/- 0.00	1.00 +/- 0.00	0.30 +/- 0.14

DEUX HANGARS

PERFORMANCES	DUREES	ECART TYPE
TEMPS D'ATTENTE TOTAL / AVION	931,40 Min	/
TEMPS D'ATTENTE QUOTIDIEN / AVION	05,00 Min	0,10
TEMPS D'ENTRETIEN TOTAL / AVION	15099,00 Min	/
TEMPS D'ENTRETIEN QUOTIDIEN/AVION	81,20 Min	0,20

QUALIFICATION B727	C R E N E A U 1				C R E N E A U 2				C R E N E A U 3			
	SPECIALITE	SOLUTION	BESOINS QUOT.	CHARGES QUOT.	TAUX ACTIV. (%)	SOLUTION	BESOINS QUOT.	CHARGES QUOT.	TAUX ACTIV. (%)	SOLUTION	BESOINS QUOT.	CHARGES QUOT.
CELLULE	9,00	1,97	28,50	07	5,00	2,66	33,27	15	0,35	0,00	0,02	00
MOTEUR	6,00	1,83	11,10	08	4,93	2,26	14,83	12	0,35	0,00	0,01	00
EQUIPEMENT	4,00	1,73	12,94	09	4,00	2,38	20,03	15	0,35	0,00	0,01	00
ELECTRICITE	3,00	0,93	03,33	09	2,53	1,09	03,94	12	0,18	0,00	0,00	00
RADIO	3,00	0,89	02,73	07	2,00	1,03	03,97	15	0,18	0,00	0,00	00
CHAUDRONNERIE	1,75	0,85	02,23	11	2,00	1,03	03,49	15	0,18	0,00	0,00	00

QUALIFICATION B737	C R E N E A U 1				C R E N E A U 2				C R E N E A U 3			
	SPECIALITE	SOLUTION	BESOINS QUOT.	CHARGES QUOT.	TAUX ACTIV. (%)	SOLUTION	BESOINS QUOT.	CHARGES QUOT.	TAUX ACTIV. (%)	SOLUTION	BESOINS QUOT.	CHARGES QUOT.
CELLULE	6,00	0,75	6,97	02	4,95	1,39	17,08	06	0,08	0,00	0,01	00
MOTEUR	4,00	0,74	4,33	04	3,05	1,38	09,06	10	0,08	0,00	0,00	00
EQUIPEMENT	2,00	0,71	3,13	07	2,05	1,36	07,28	16	0,05	0,00	0,00	00
ELECTRICITE	2,00	0,38	1,54	03	2,00	0,70	03,26	06	0,05	0,00	0,00	00
RADIO	2,00	0,36	1,20	05	1,00	0,68	02,76	22	0,03	0,00	0,00	00
CHAUDRONNERIE	1,00	0,35	0,47	07	1,00	0,68	01,13	16	0,03	0,00	0,00	00

LA SOLUTION PAR INTERVALLES DE CONFIANCE

AVEC LE RISQUE DE 10 %

/ 2 HANGAR /

QUALIF b737	CRENEAU 1	CRENEAU 2	CRENEAU 3
CELLULE	6.00 +/- 0.00	4.95 +/- 0.08	0.08 +/- 0.06
MOTEUR	4.00 +/- 0.00	3.05 +/- 0.08	0.08 +/- 0.06
EQUIPEMENT	2.00 +/- 0.00	2.05 +/- 0.08	0.05 +/- 0.08
ELECTRICITE	2.00 +/- 0.00	2.00 +/- 0.00	0.05 +/- 0.08
RADIO	2.00 +/- 0.00	1.00 +/- 0.00	0.03 +/- 0.03
CHAUDRO..	1.00 +/- 0.00	1.00 +/- 0.00	0.03 +/- 0.03

\*\*\*\*\*

LA SOLUTION PAR INTERVALLES DE CONFIANCE

AVEC LE RISQUE DE 05 %

/ 2 HANGAR /

QUALIF b737	CRENEAU 1	CRENEAU 2	CRENEAU 3
CELLULE	6.00 +/- 0.00	4.95 +/- 0.09	0.08 +/- 0.14
MOTEUR	4.00 +/- 0.00	3.05 +/- 0.09	0.08 +/- 0.14
EQUIPEMENT	2.00 +/- 0.00	2.05 +/- 0.09	0.05 +/- 0.09
ELECTRICITE	2.00 +/- 0.00	2.00 +/- 0.00	0.05 +/- 0.09
RADIO	2.00 +/- 0.00	1.00 +/- 0.00	0.03 +/- 0.04
CHAUDRO..	1.00 +/- 0.00	1.00 +/- 0.00	0.03 +/- 0.04

\*\*\*\*\*

LA SOLUTION PAR INTERVALLES DE CONFIANCE

AVEC LE RISQUE DE 10 %

/ 2 HANGAR /

QUALIF b727	CRENEAU 1	CRENEAU 2	CRENEAU 3
CELLULE	9.00 +/- 0.00	5.00 +/- 0.00	0.35 +/- 0.13
MOTEUR	6.00 +/- 0.00	4.93 +/- 0.07	0.35 +/- 0.13
EQUIPEMENT	4.00 +/- 0.00	4.00 +/- 0.00	0.35 +/- 0.13
ELECTRICITE	3.00 +/- 0.00	2.53 +/- 0.13	0.18 +/- 0.01
RADIO	3.00 +/- 0.00	2.00 +/- 0.00	0.18 +/- 0.01
CHAUDRO..	1.75 +/- 0.11	2.00 +/- 0.00	0.18 +/- 0.01

\*\*\*\*\*

LA SOLUTION PAR INTERVALLES DE CONFIANCE

AVEC LE RISQUE DE 05 %

/ 2 HANGAR /

QUALIF b727	CRENEAU 1	CRENEAU 2	CRENEAU 3
CELLULE	9.00 +/- 0.00	5.00 +/- 0.00	0.35 +/- 0.23
MOTEUR	6.00 +/- 0.00	4.93 +/- 0.07	0.35 +/- 0.23
EQUIPEMENT	4.00 +/- 0.00	4.00 +/- 0.00	0.35 +/- 0.23
ELECTRICITE	3.00 +/- 0.00	2.53 +/- 0.15	0.18 +/- 0.11
RADIO	3.00 +/- 0.00	2.00 +/- 0.00	0.18 +/- 0.11
CHAUDRO..	1.75 +/- 0.13	2.00 +/- 0.00	0.18 +/- 0.11

TROIS HANGARS

PERFORMANCES	DUREES	ECART TYPE
TEMPS D'ATTENTE TOTAL / AVION	699,10 Min	/
TEMPS D'ATTENTE QUOTIDIEN / AVION	03,80 Min	0,10
TEMPS D'ENTRETIEN TOTAL / AVION	15106,50 Min	/
TEMPS D'ENTRETIEN QUOTIDIEN/AVION	81,20 Min	0,20

QUALIFICATION B727	CRENEAU 1				CRENEAU 2				CRENEAU 3			
	SPECIALITE	SOLUTION	BESINS QUOT.	CHARGES QUOT.	TAUX ACTIV. (%)	SOLUTION	BESINS QUOT.	CHARGES QUOT.	TAUX ACTIV. (%)	SOLUTION	BESINS QUOT.	CHARGES QUOT.
CELLULE	9,05	1,96	28,28	07	6,95	2,94	33,39	10	0,23	0,00	0,02	00
MOTEUR	6,00	1,83	11,08	08	5,22	2,36	14,87	12	0,23	0,00	0,01	00
EQUIPEMENT	4,00	1,73	12,87	09	4,25	2,55	20,05	14	0,20	0,00	0,00	00
ELECTRICITE	3,00	0,93	3,34	09	2,63	1,10	03,93	12	0,13	0,00	0,00	00
RADIO	3,00	0,89	2,72	07	2,00	1,05	03,98	15	0,10	0,00	0,00	00
CHAUDRONNERIE	1,80	0,85	2,23	10	2,00	1,05	03,51	15	0,10	0,00	0,00	00

QUALIFICATION B737	CRENEAU 1				CRENEAU 2				CRENEAU 3			
	SPECIALITE	SOLUTION	BESINS QUOT.	CHARGES QUOT.	TAUX ACTIV. (%)	SOLUTION	BESINS QUOT.	CHARGES QUOT.	TAUX ACTIV. (%)	SOLUTION	BESINS QUOT.	CHARGES QUOT.
CELLULE	6,00	0,75	6,97	02	4,97	1,34	14,07	06	0,00	0,00	0,00	00
MOTEUR	4,00	0,74	4,39	04	3,00	1,34	09,04	10	0,00	0,00	0,00	00
EQUIPEMENT	2,00	0,71	3,12	07	2,00	1,31	07,27	16	0,00	0,00	0,00	00
ELECTRICITE	2,00	0,38	1,55	03	2,00	0,68	03,26	06	0,00	0,00	0,00	00
RADIO	2,00	0,38	1,21	05	1,00	0,65	02,74	22	0,00	0,00	0,00	00
CHAUDRONNERIE	1,00	0,35	0,48	07	1,00	0,65	01,13	16	0,00	0,00	0,00	00

LA SOLUTION PAR INTERVALLES DE CONFIANCE

AVEC LE RISQUE DE 10 %

/ 3 HANGAR /

QUALIF b737	CRENEAU 1	CRENEAU 2	CRENEAU 3
CELLULE	6.00 +/- 0.00	4.97 +/- 0.04	0.00 +/- 0.00
MOTEUR	4.00 +/- 0.00	3.00 +/- 0.00	0.00 +/- 0.00
EQUIPEMENT	2.00 +/- 0.00	2.00 +/- 0.00	0.00 +/- 0.00
ELECTRICITE	2.00 +/- 0.00	2.00 +/- 0.00	0.00 +/- 0.00
RADIO	2.00 +/- 0.00	1.00 +/- 0.00	0.00 +/- 0.00
CHAUDRO..	1.00 +/- 0.00	1.00 +/- 0.00	0.00 +/- 0.00

\*\*\*\*\*

LA SOLUTION PAR INTERVALLES DE CONFIANCE

AVEC LE RISQUE DE 05 %

/ 3 HANGAR /

QUALIF b737	CRENEAU 1	CRENEAU 2	CRENEAU 3
CELLULE	6.00 +/- 0.00	4.97 +/- 0.04	0.00 +/- 0.00
MOTEUR	4.00 +/- 0.00	3.00 +/- 0.00	0.00 +/- 0.00
EQUIPEMENT	2.00 +/- 0.00	2.00 +/- 0.00	0.00 +/- 0.00
ELECTRICITE	2.00 +/- 0.00	2.00 +/- 0.00	0.00 +/- 0.00
RADIO	2.00 +/- 0.00	1.00 +/- 0.00	0.00 +/- 0.00
CHAUDRO..	1.00 +/- 0.00	1.00 +/- 0.00	0.00 +/- 0.00

\*\*\*\*\*

LA SOLUTION PAR INTERVALLES DE CONFIANCE

AVEC LE RISQUE DE 10 %

/ 3 HANGAR /

QUALIF b727	CRENEAU 1	CRENEAU 2	CRENEAU 3
CELLULE	9.05 +/- 0.08	6.95 +/- 0.06	0.23 +/- 0.17
MOTEUR	6.00 +/- 0.00	5.22 +/- 0.17	0.23 +/- 0.17
EQUIPEMENT	4.00 +/- 0.00	4.25 +/- 0.16	0.20 +/- 0.15
ELECTRICITE	3.00 +/- 0.00	2.63 +/- 0.12	0.13 +/- 0.10
RADIO	3.00 +/- 0.00	2.00 +/- 0.00	0.10 +/- 0.07
CHAUDRO..	1.80 +/- 0.10	2.00 +/- 0.00	0.10 +/- 0.07

\*\*\*\*\*

LA SOLUTION PAR INTERVALLES DE CONFIANCE

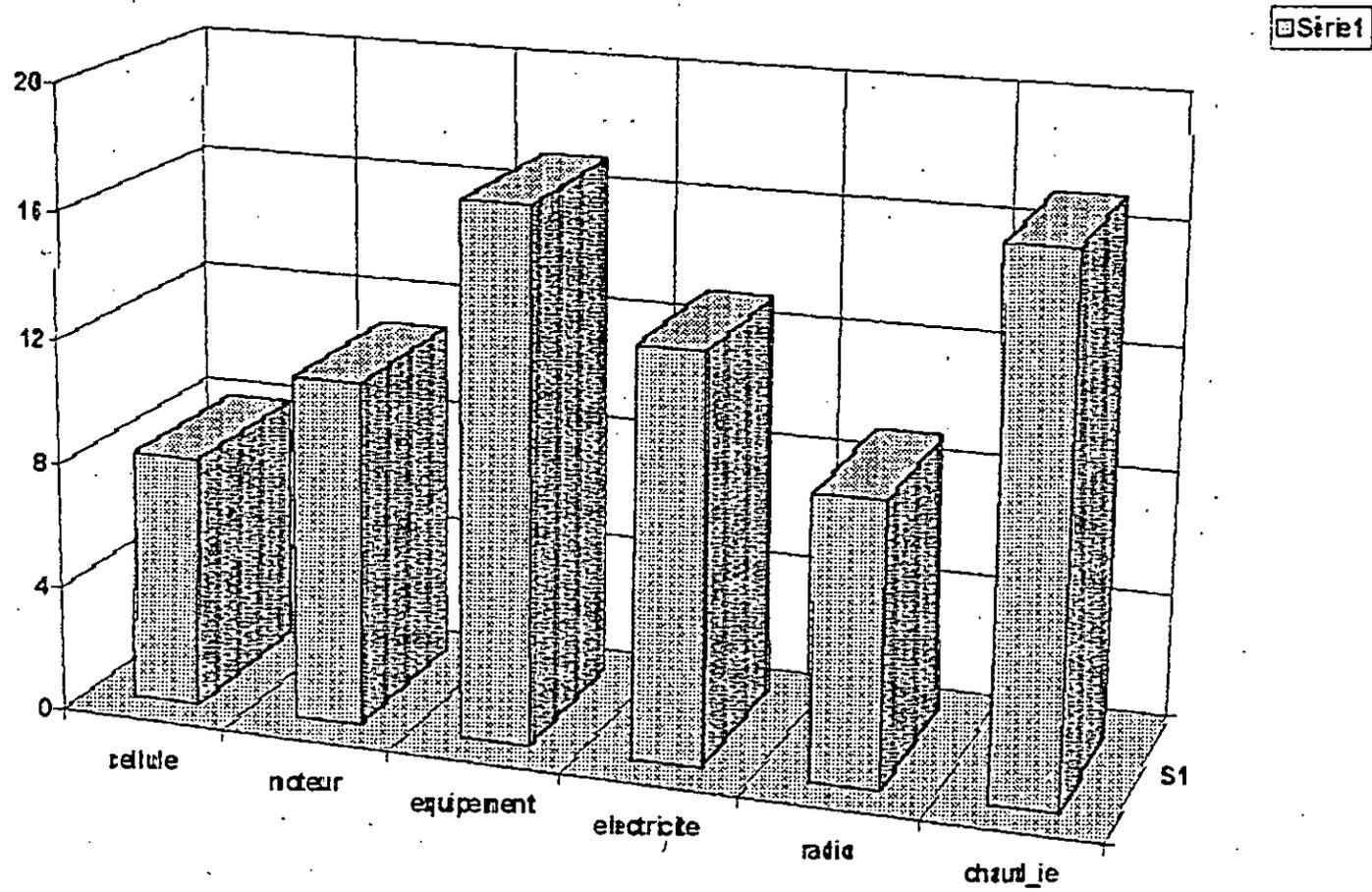
AVEC LE RISQUE DE 05 %

/ 3 HANGAR /

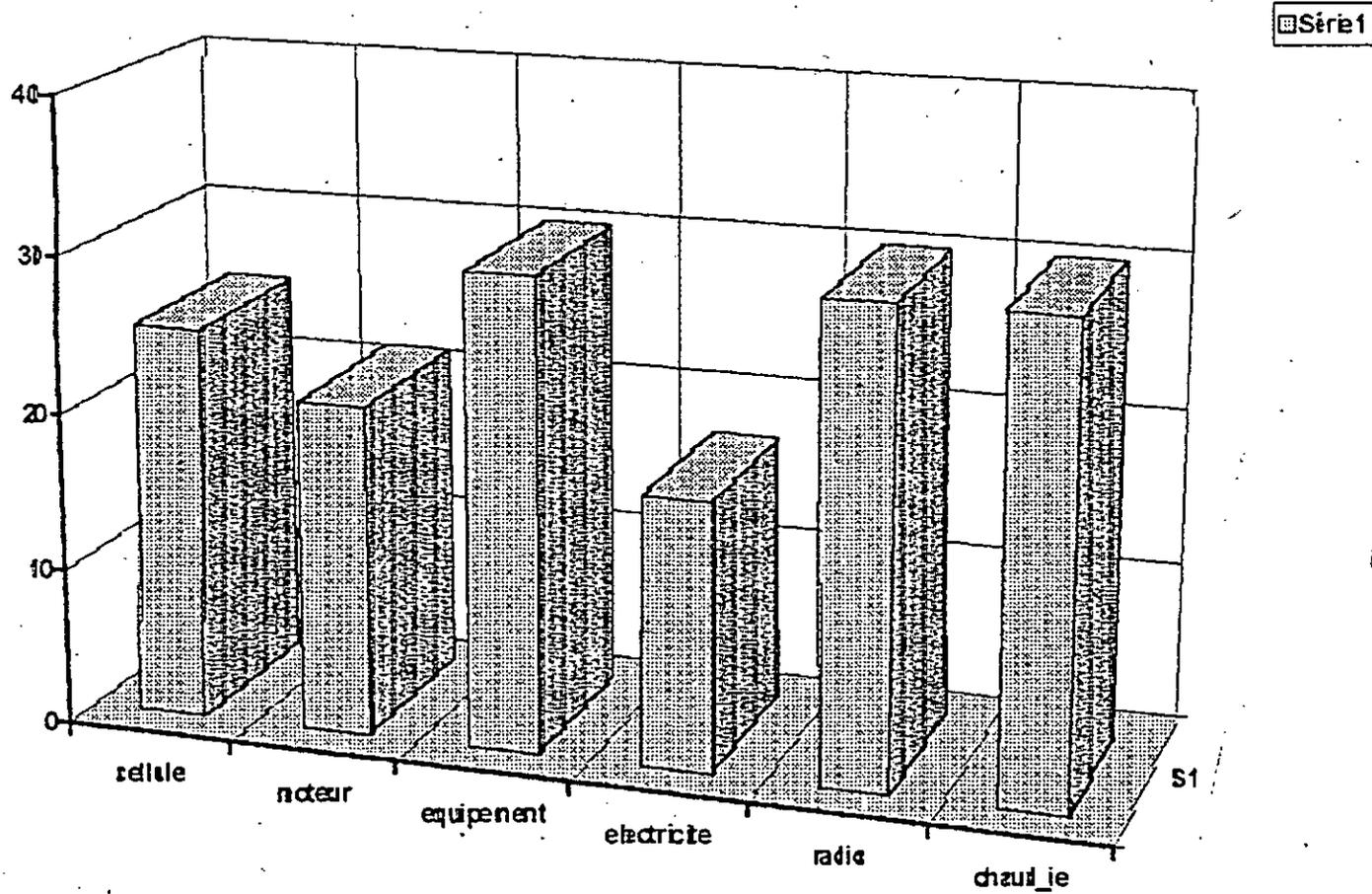
QUALIF b727	CRENEAU 1	CRENEAU 2	CRENEAU 3
CELLULE	9.05 +/- 0.09	6.95 +/- 0.07	0.23 +/- 0.21
MOTEUR	6.00 +/- 0.00	5.22 +/- 0.21	0.23 +/- 0.21
EQUIPEMENT	4.00 +/- 0.00	4.25 +/- 0.20	0.20 +/- 0.18
ELECTRICITE	3.00 +/- 0.00	2.63 +/- 0.14	0.13 +/- 0.12
RADIO	3.00 +/- 0.00	2.00 +/- 0.00	0.10 +/- 0.09
CHAUDRO..	1.80 +/- 0.12	2.00 +/- 0.00	0.10 +/- 0.09

\*\*\*\*\*

taux d'activite (%)  
b727 (1 hangar)  
creneau 1 (avec aleas)

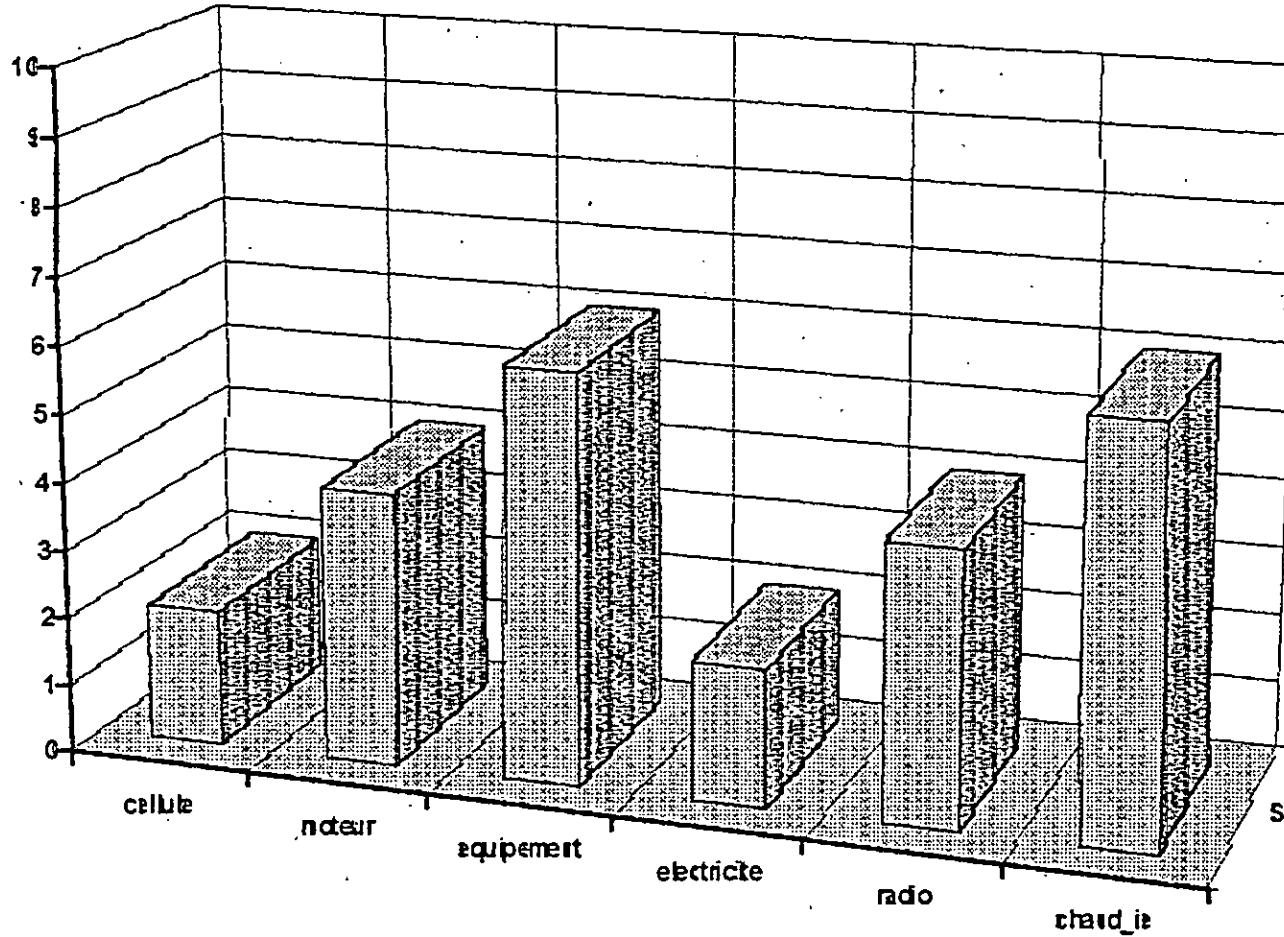


taux d'activite (%)  
b717 (1 hangar)  
creneau 2 avec aleas

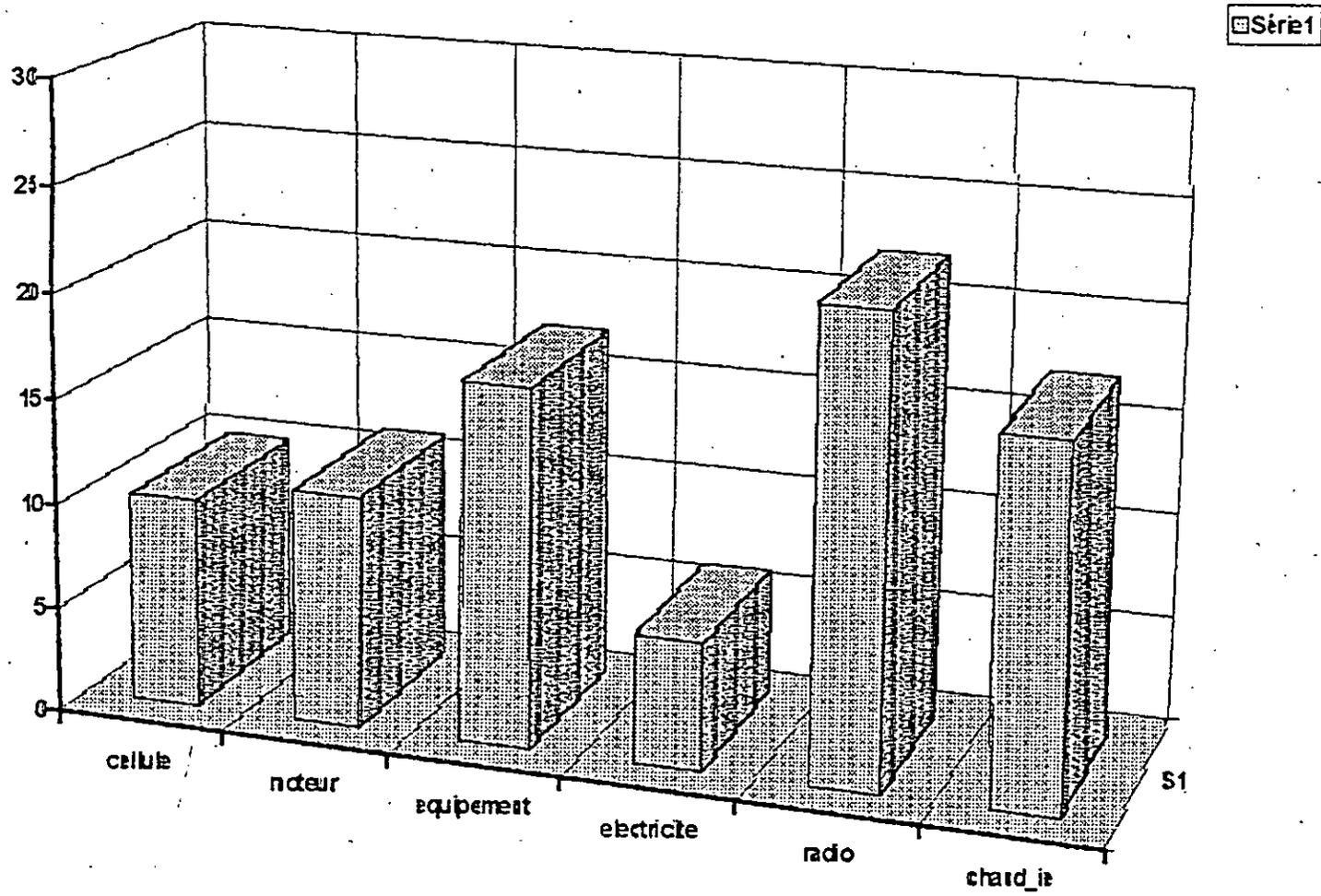


taux d'activité (%)  
b737 (1 hangar)  
creneau 1(avec ailes)

Série1

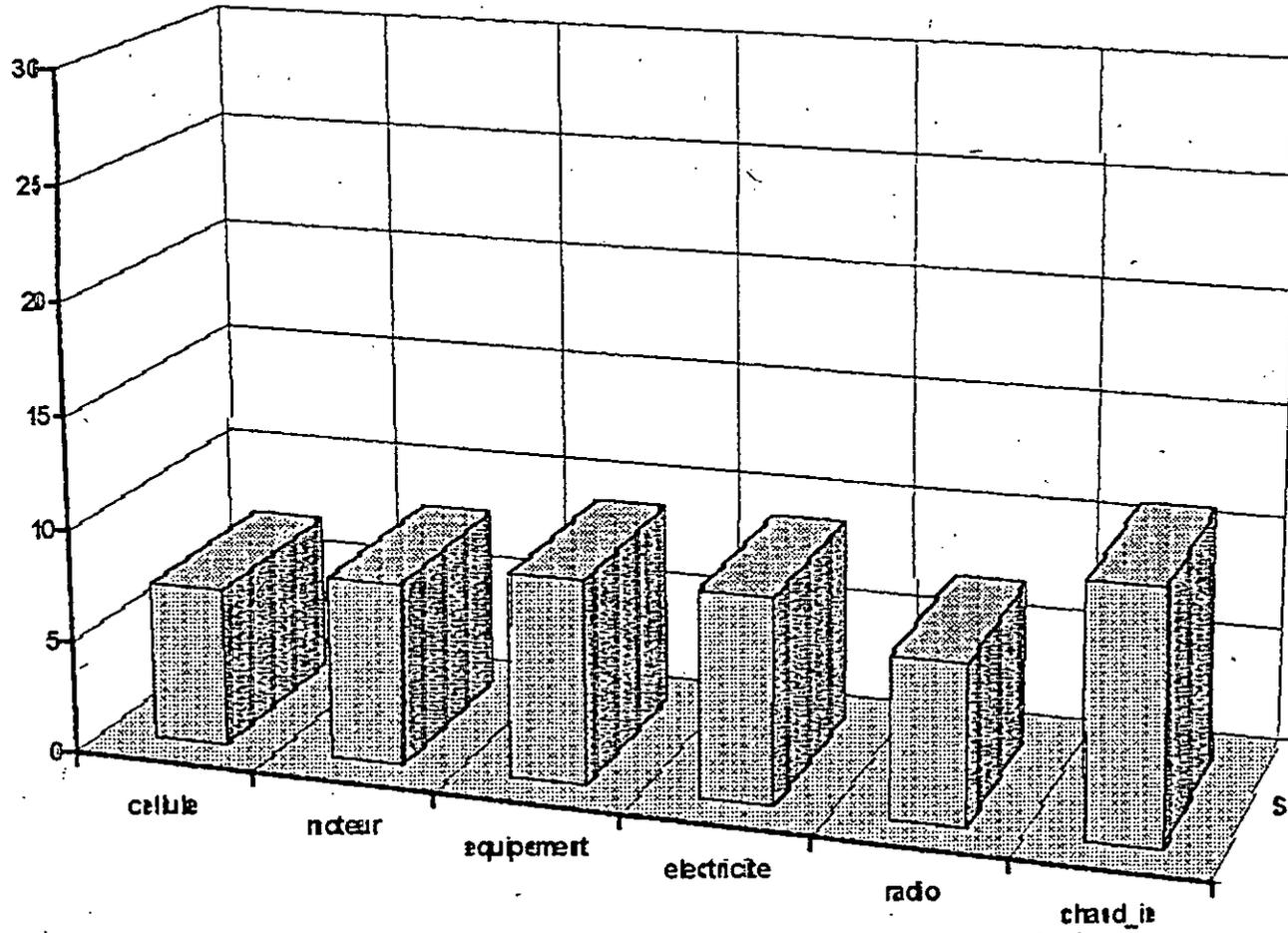


taux d'activité (%)  
b737 (1 hangar)  
creneau 2 (avec alas)

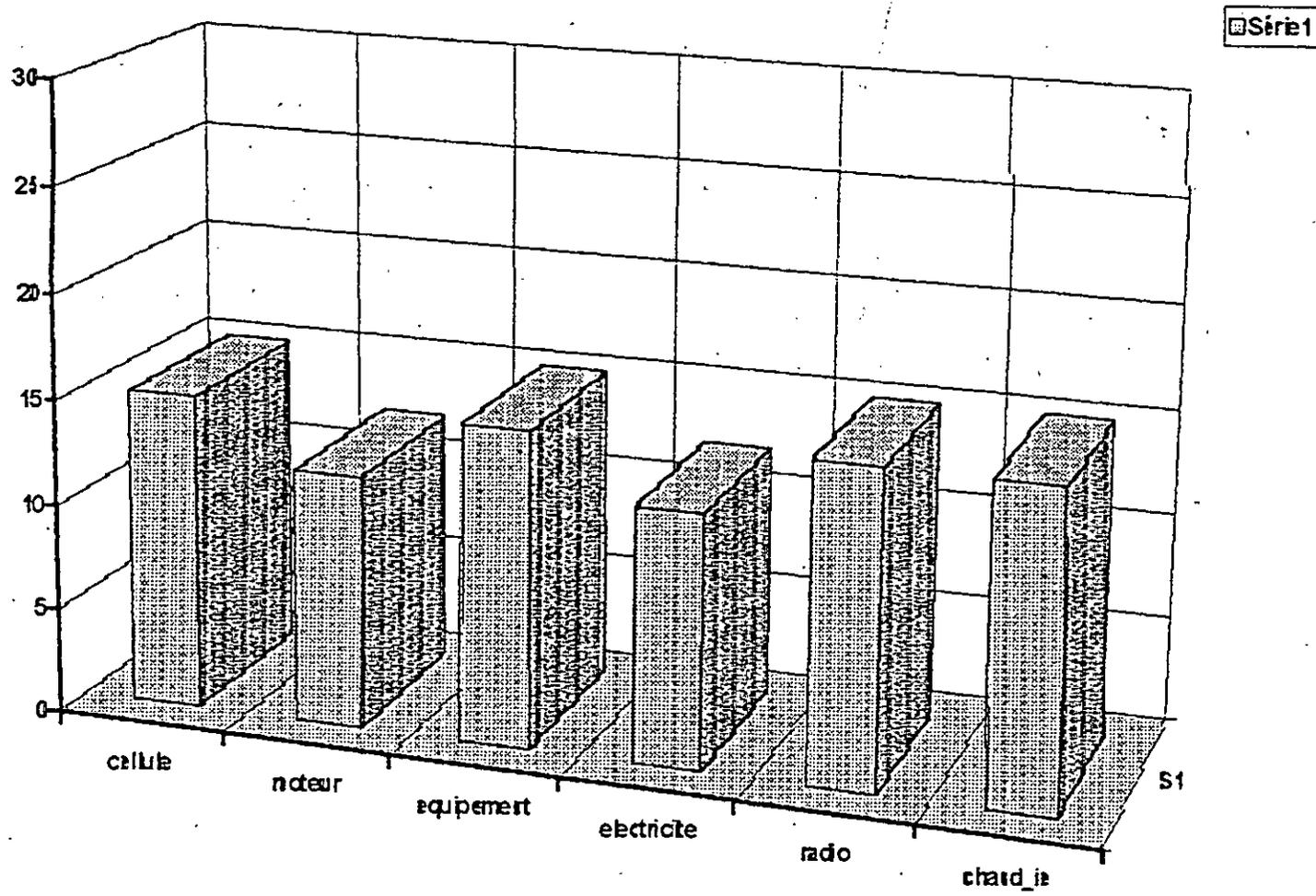


taux d'activité (%)  
b717 (2 hangar)  
creneau 1 (avec aleas)

□ Sire1

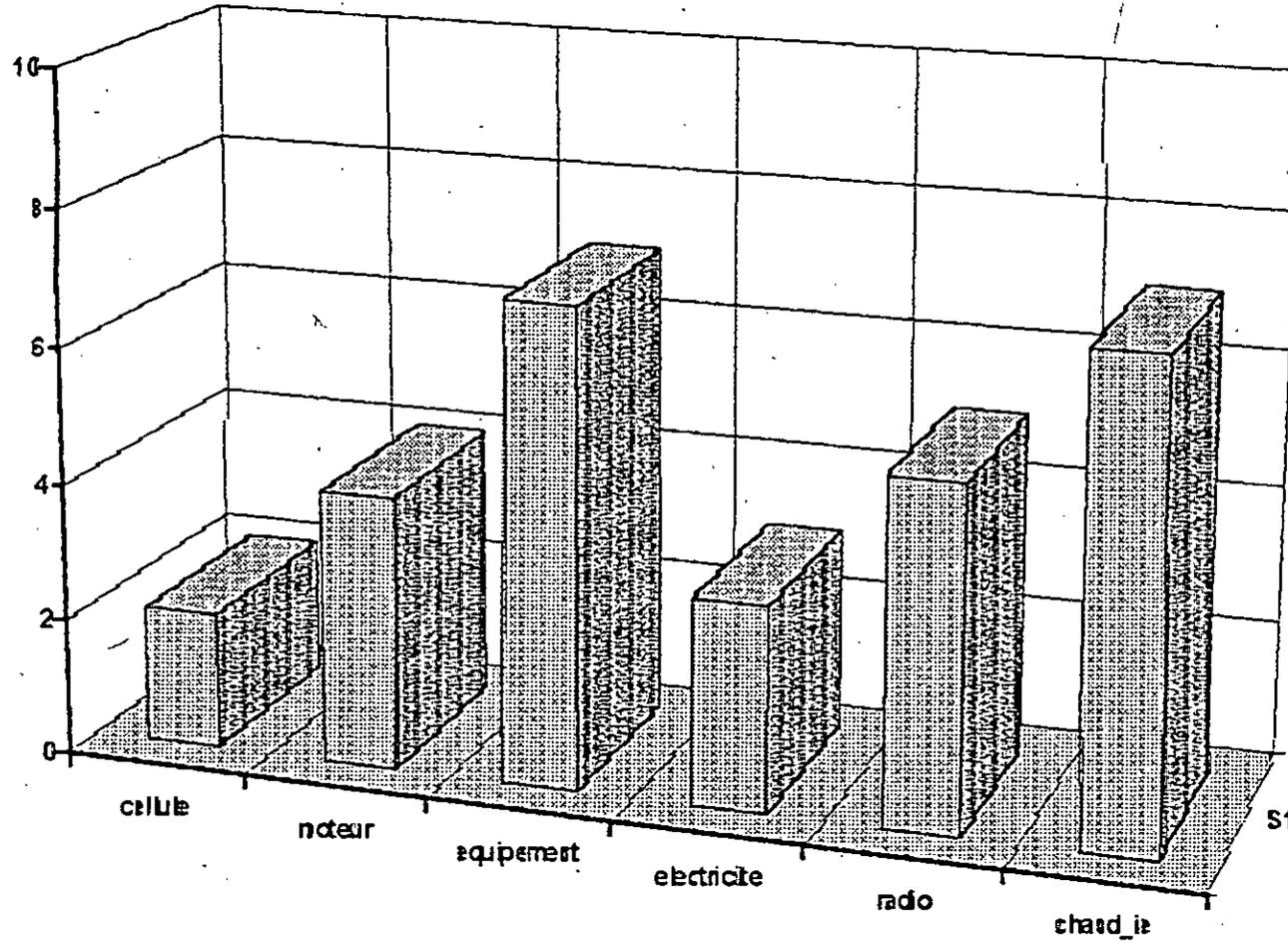


taux d'activite (%)  
b727 (2 hangar)  
creneau 2(avec alas)

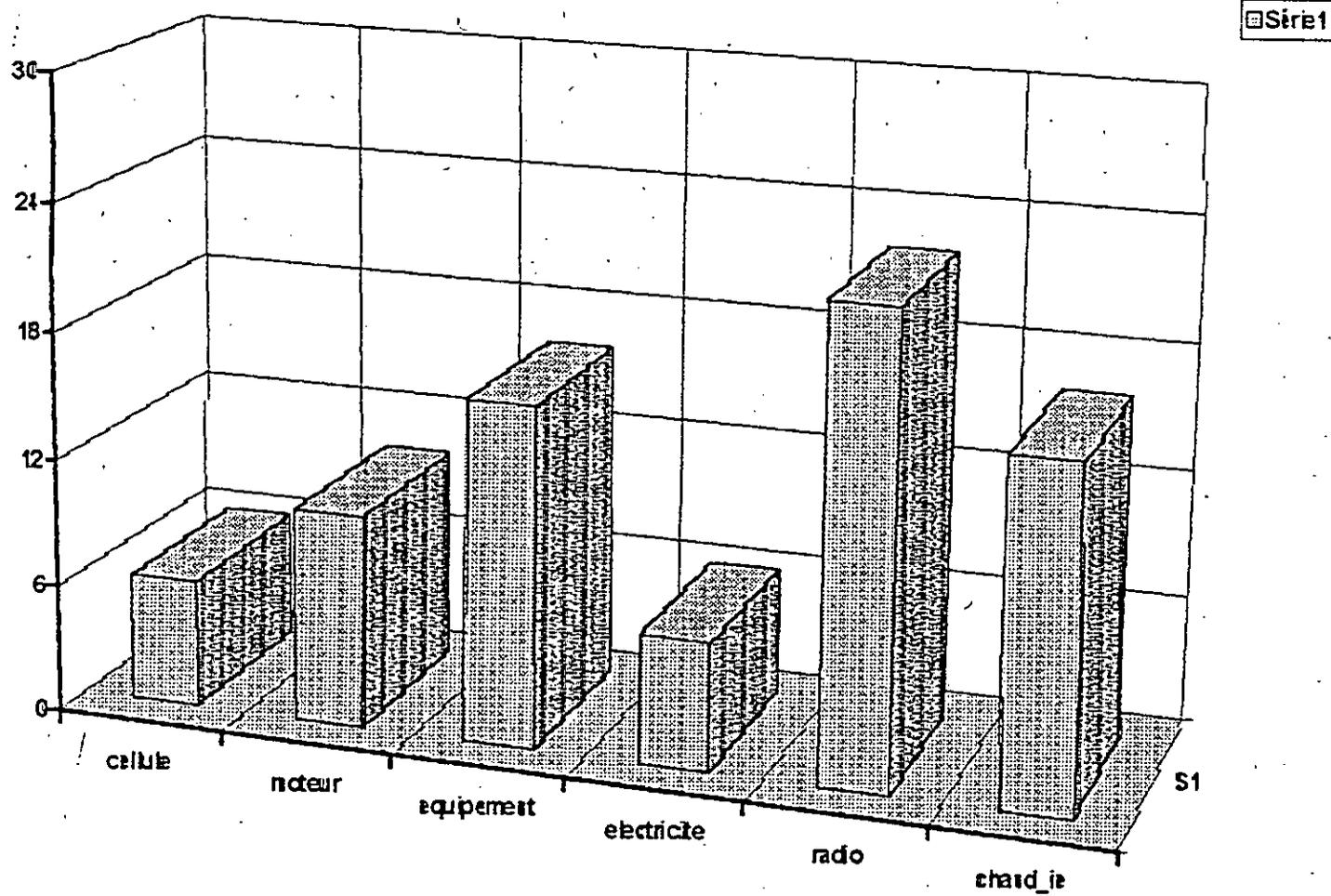


taux d'activité (%)  
b737 (2 hangar)  
creneau 1(avec aleas)

Sire1

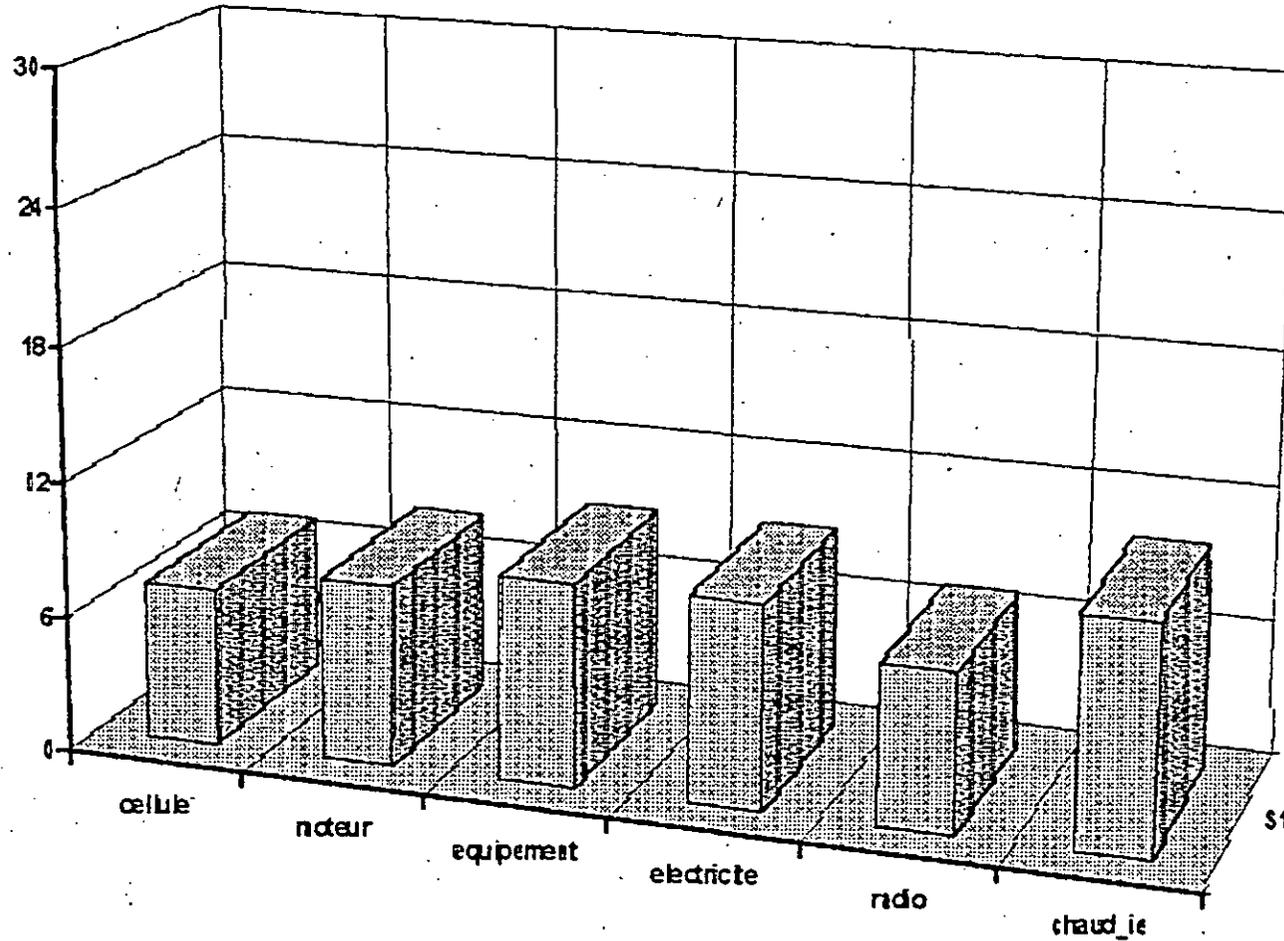


taux d'activite (%)  
b737 (2 hangar)  
creneau 2(avec alas)



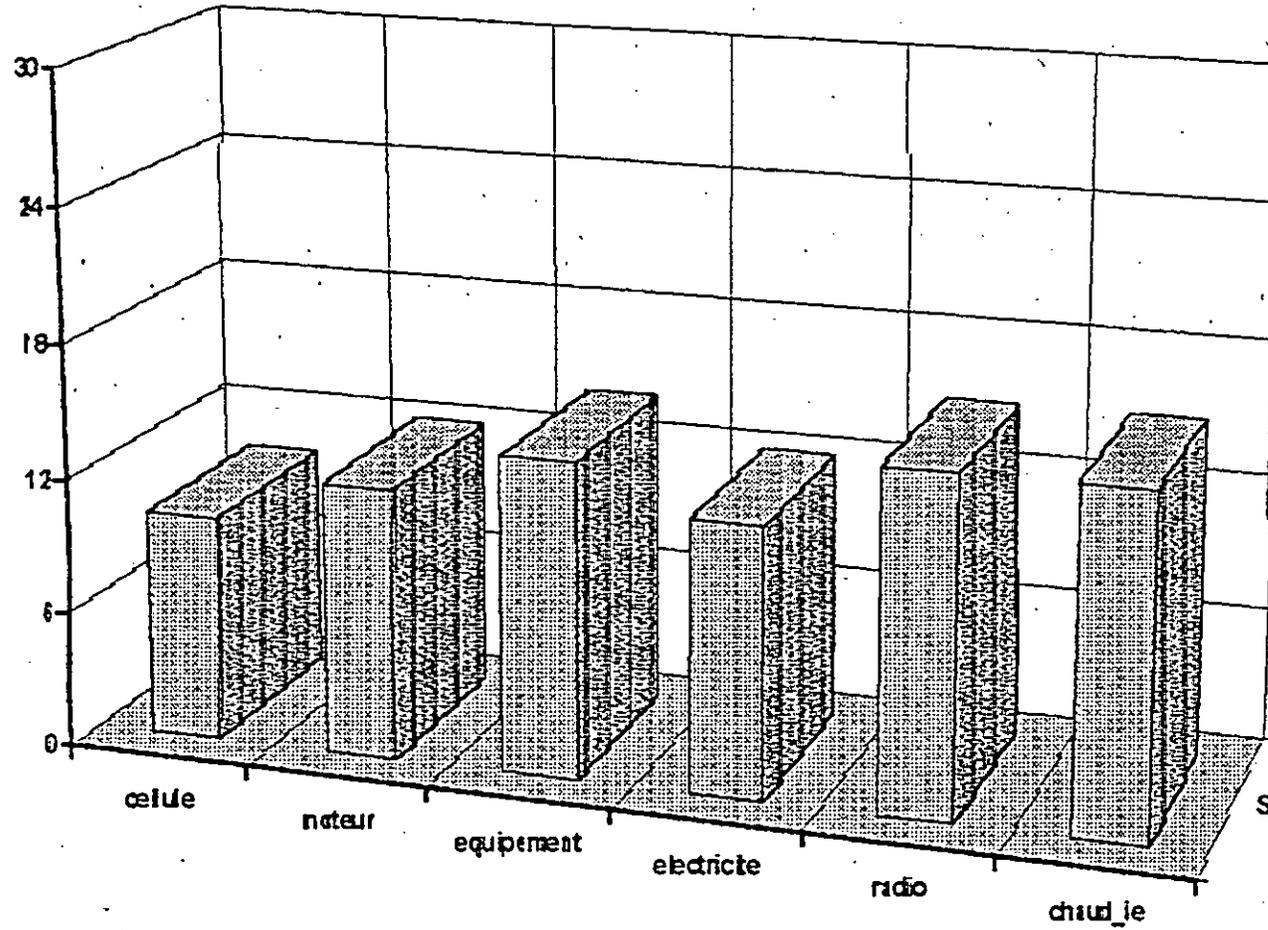
taux d'activite (%)  
b727 (3 hangar)  
creneau 1(avec aleas)

Secret



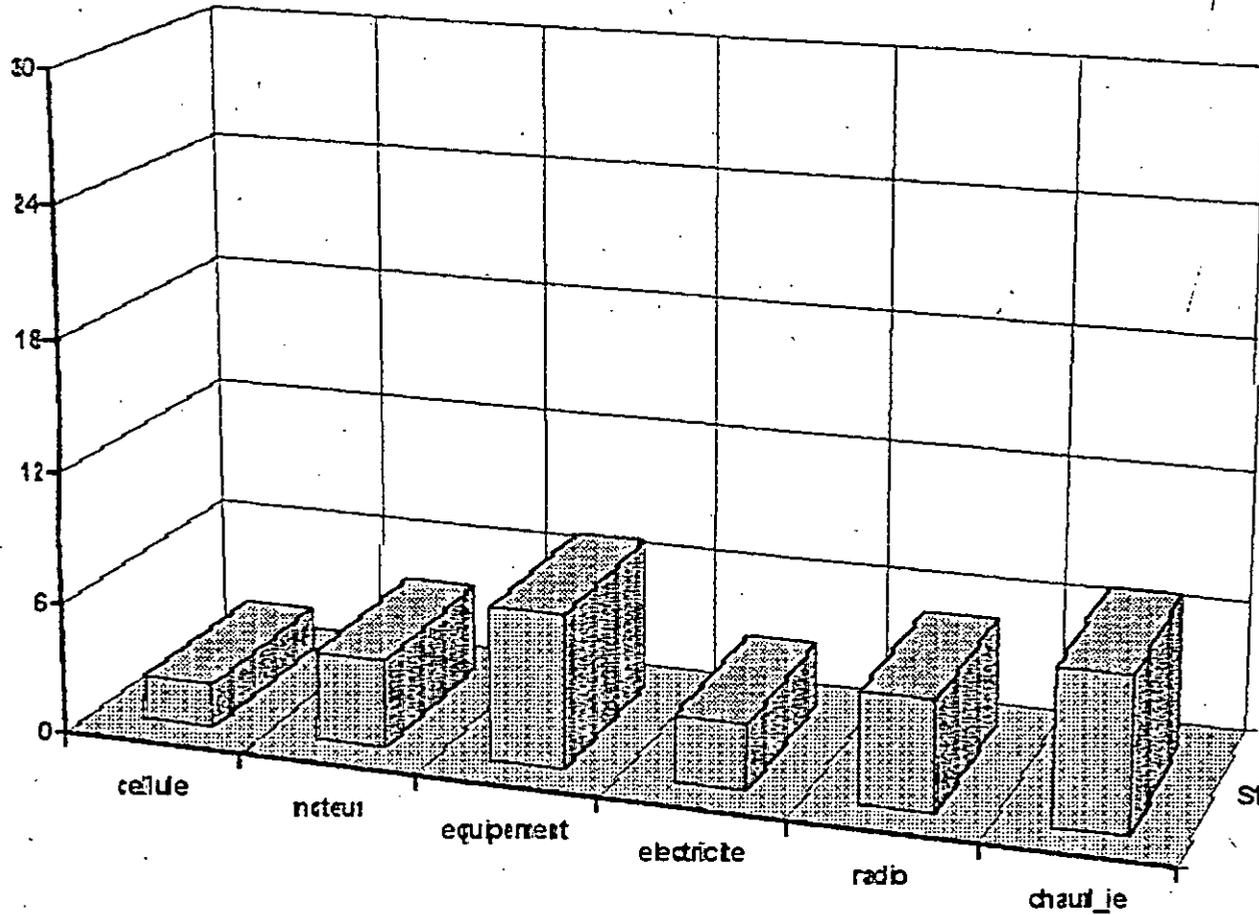
taux d'activite (%)  
b717 (3 hangar)  
creneau X (avec ailes)

Serie1



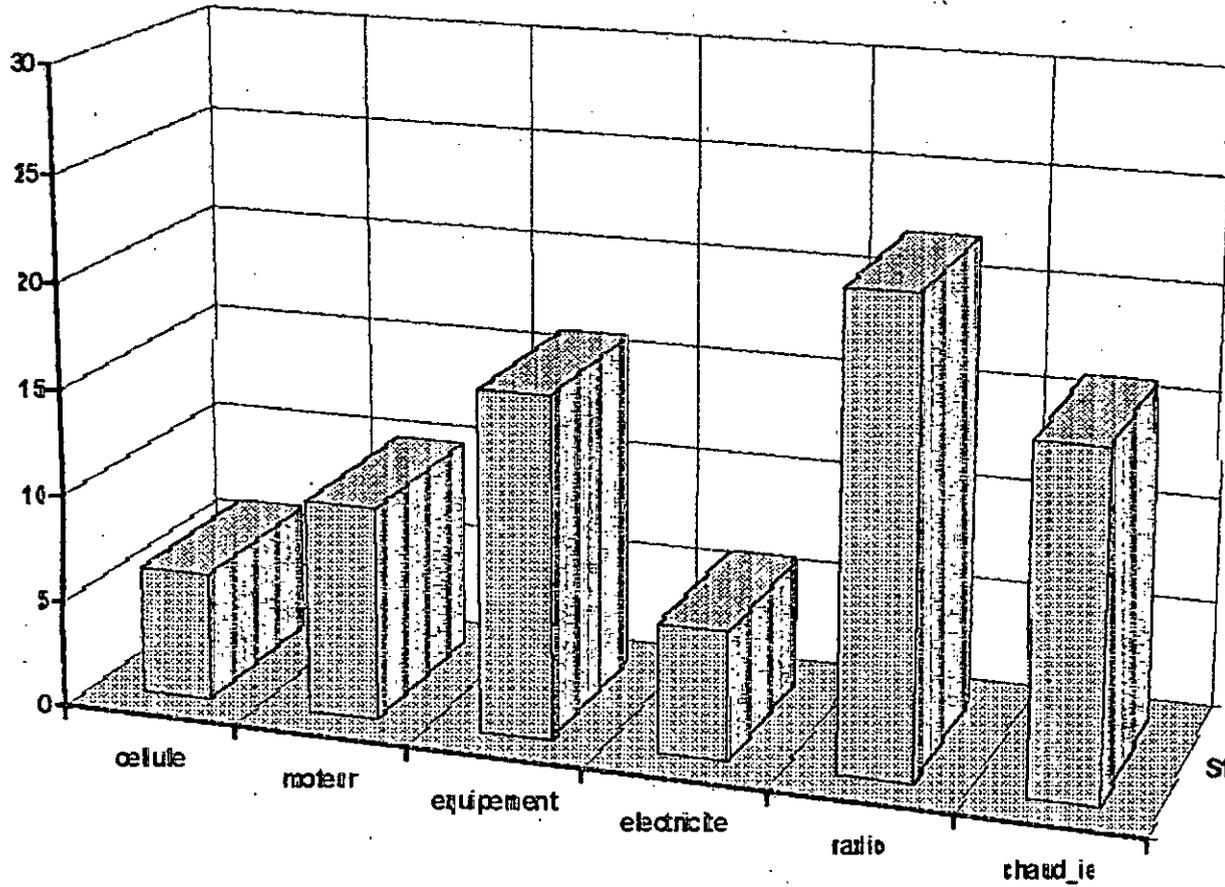
taux d'activité (%)  
b737 (3 hangar)  
creneau 1 (avec ailes)

■ Sériel



taux d'activité (%)  
B737(3 hangar)  
creneau 2(avec aleas)

Sériel



SCENARIO N° 3 :

SOLUTION PAR LISSAGE POUR UN, DEUX, ET TROIS HANGARS

SANS GENERATION D'ALEAS.

UN HANGAR

PERFORMANCES	DUREES	ECART TYPE
TEMPS D'ATTENTE TOTAL / AVION	6972,30 Min	/
TEMPS D'ATTENTE QUOTIDIEN / AVION	37,50 Min	2,60
TEMPS D'ENTRETIEN TOTAL / AVION	18949,50 Min	/
TEMPS D'ENTRETIEN QUOTIDIEN/AVION	101,90 Min	1,20

QUALIFICATION 8727	C R E N E A U 1		C R E N E A U 2		C R E N E A U 3	
SPECIALITE	SOLUTION	TAUX ACTIV (%)	SOLUTION	TAUX ACTIV (%)	SOLUTION	TAUX ACTIV (%)
CELLULE	6,00	09	3,00	24	1,00	09
MOTEUR	3,00	13	2,00	31	1,00	08
EQUIPEMENT	1,00	30	1,00	58	1,00	08
ELECTRICITE	1,00	24	1,00	33	1,00	04
RADIO	1,00	16	1,00	29	1,00	04
CHAUDRONNERIE	1,00	15	1,00	29	1,00	04

QUALIFICATION 8737	C R E N E A U 1		C R E N E A U 2		C R E N E A U 3	
SPECIALITE	SOLUTION	TAUX ACTIV (%)	SOLUTION	TAUX ACTIV (%)	SOLUTION	TAUX ACTIV (%)
CELLULE	5,00	03	3,00	10	0,00	00
MOTEUR	3,00	05	2,00	15	0,00	00
EQUIPEMENT	1,00	15	1,00	32	0,00	00
ELECTRICITE	1,00	06	1,00	11	0,00	00
RADIO	1,00	10	1,00	21	0,00	00
CHAUDRONNERIE	1,00	07	1,00	16	0,00	00

DEUX HANGARS

PERFORMANCES	DUREES	ECART TYPE
TEMPS D'ATTENTE TOTAL / AVION	765,50 Min	/
TEMPS D'ATTENTE QUOTIDIEN / AVION	04,10 Min	0,50
TEMPS D'ENTRETIEN TOTAL / AVION	16124,50 Min	/
TEMPS D'ENTRETIEN QUOTIDIEN/AVION	86,70 Min	1,10

QUALIFICATION 8727	CRENEAU 1		CRENEAU 2		CRENEAU 3	
SPECIALITE	SOLUTION	TAUX ACTIV (%)	SOLUTION	TAUX ACTIV (%)	SOLUTION	TAUX ACTIV (%)
CELLULE	8,00	08	4,00	18	0,00	00
MOTEUR	5,00	09	4,00	15	0,00	00
EQUIPEMENT	3,00	13	3,00	19	0,00	00
ELECTRICITE	3,00	09	2,00	16	0,00	00
RADIO	3,00	07	2,00	14	0,00	00
CHAUDRONNERIE	2,00	10	2,00	14	0,00	00

QUALIFICATION 8737	CRENEAU 1		CRENEAU 2		CRENEAU 3	
SPECIALITE	SOLUTION	TAUX ACTIV (%)	SOLUTION	TAUX ACTIV (%)	SOLUTION	TAUX ACTIV (%)
CELLULE	5,00	03	4,00	07	0,00	00
MOTEUR	3,00	05	3,00	10	0,00	00
EQUIPEMENT	1,00	15	2,00	16	0,00	00
ELECTRICITE	1,00	06	2,00	05	0,00	00
RADIO	1,00	10	1,00	21	0,00	00
CHAUDRONNERIE	1,00	08	1,00	16	0,00	00

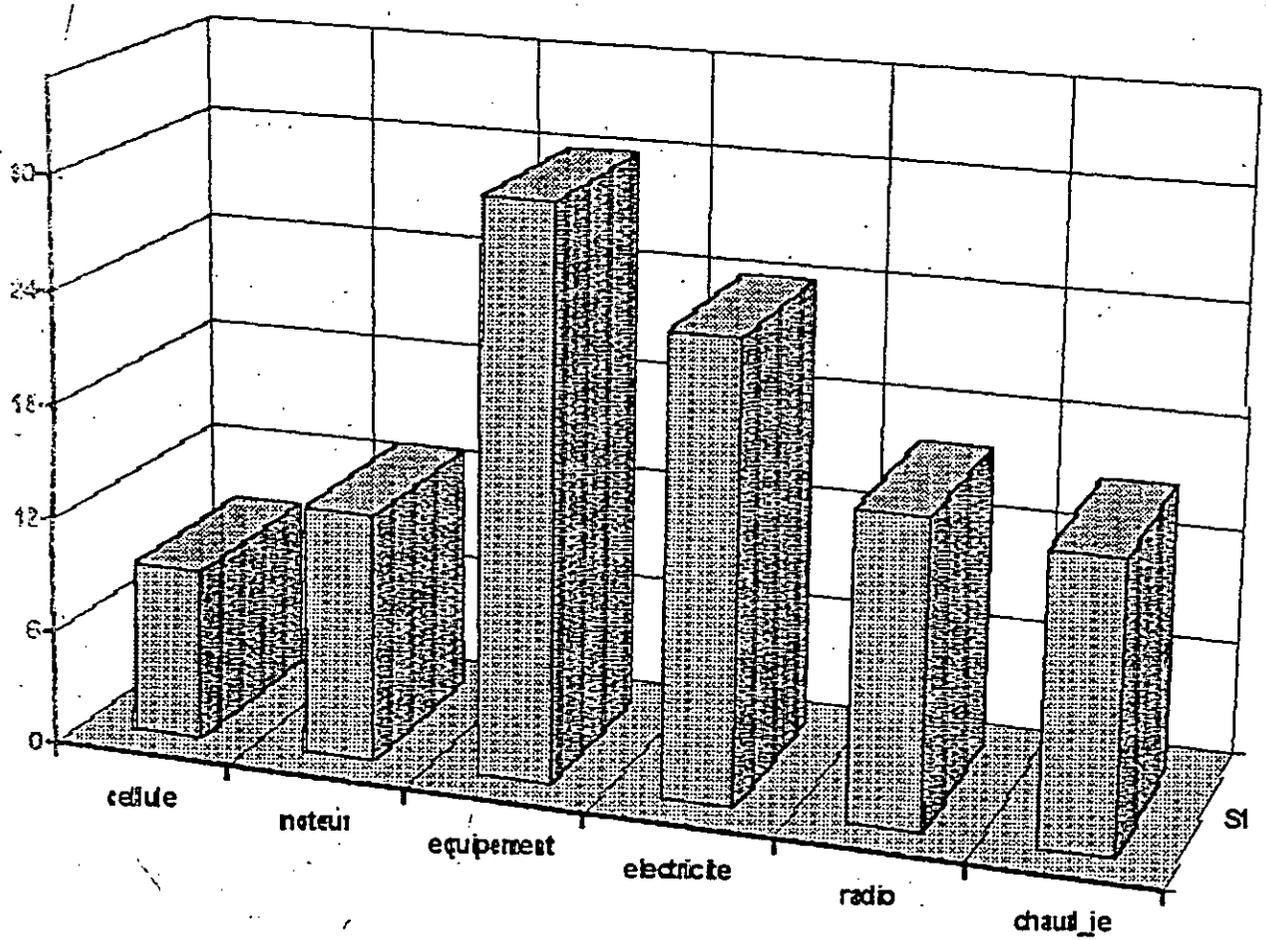
### TROIS HANGARS

PERFORMANCES	DUREES	ECART TYPE
TEMPS D'ATTENTE TOTAL / AVION	475,00 Min	/
TEMPS D'ATTENTE QUOTIDIEN / AVION	02,60 Min	0,50
TEMPS D'ENTRETIEN TOTAL / AVION	16095,80 Min	/
TEMPS D'ENTRETIEN QUOTIDIEN/AVION	86,50 Min	1,00

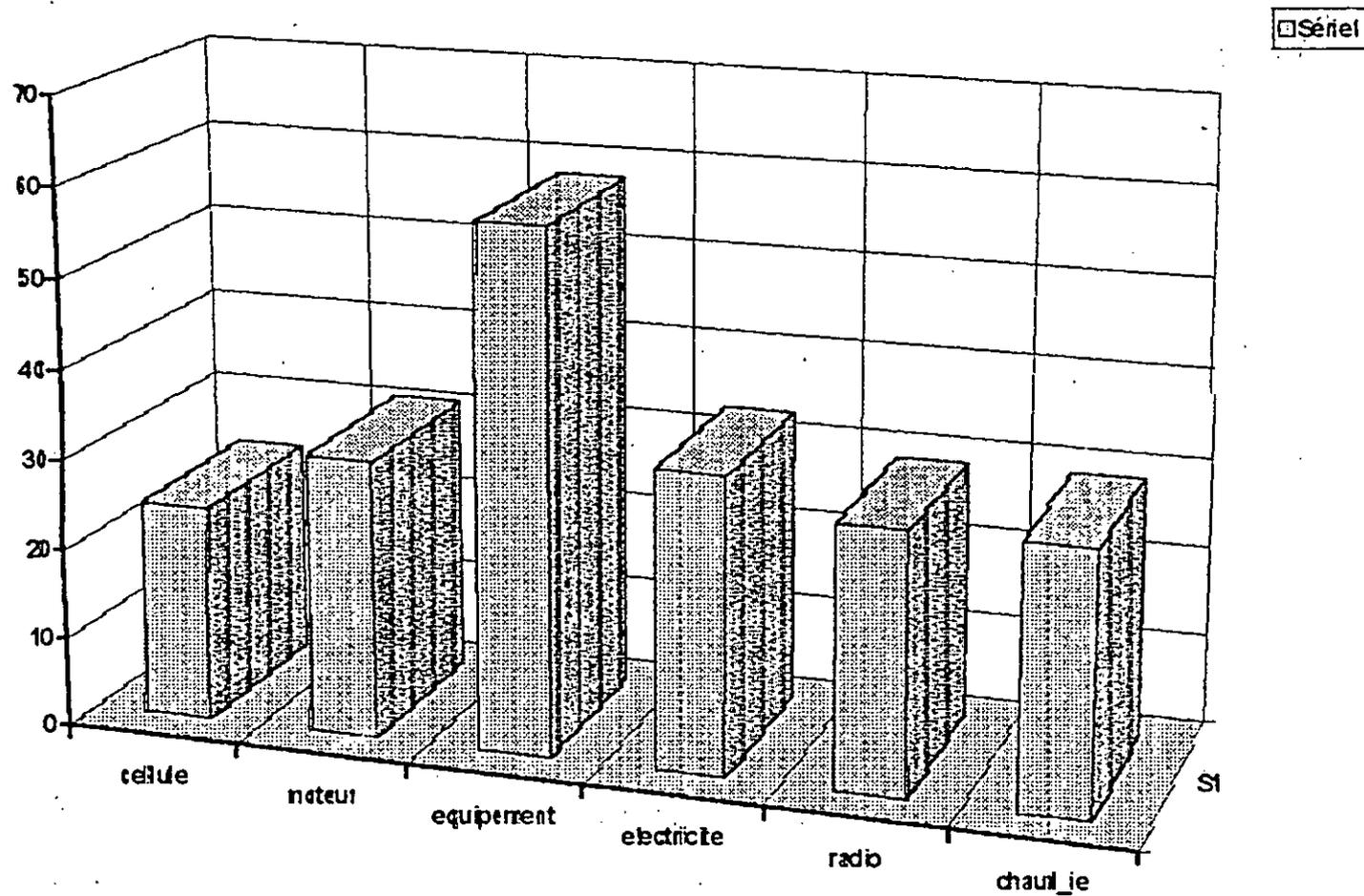
QUALIFICATION B727	C R E N E A U 1		C R E N E A U 2		C R E N E A U 3	
SPECIALITE	SOLUTION	TAUX ACTIV (%)	SOLUTION	TAUX ACTIV (%)	SOLUTION	TAUX ACTIV (%)
CELLULE	9,00	07	6,00	12	0,00	00
MOTEUR	5,00	09	4,00	15	0,00	00
EQUIPEMENT	3,00	13	3,00	19	0,00	00
ELECTRICITE	3,00	09	2,00	16	0,00	00
RADIO	3,00	07	2,00	14	0,00	00
CHAUDRONNERIE	2,00	10	2,00	14	0,00	00

QUALIFICATION B737	C R E N E A U 1		C R E N E A U 2		C R E N E A U 3	
SPECIALITE	SOLUTION	TAUX ACTIV (%)	SOLUTION	TAUX ACTIV (%)	SOLUTION	TAUX ACTIV (%)
CELLULE	5,00	03	4,00	07	0,00	00
MOTEUR	3,00	05	3,00	10	0,00	00
EQUIPEMENT	1,00	15	2,00	16	0,00	00
ELECTRICITE	1,00	06	2,00	05	0,00	00
RADIO	1,00	10	1,00	21	0,00	00
CHAUDRONNERIE	1,00	08	1,00	16	0,00	00

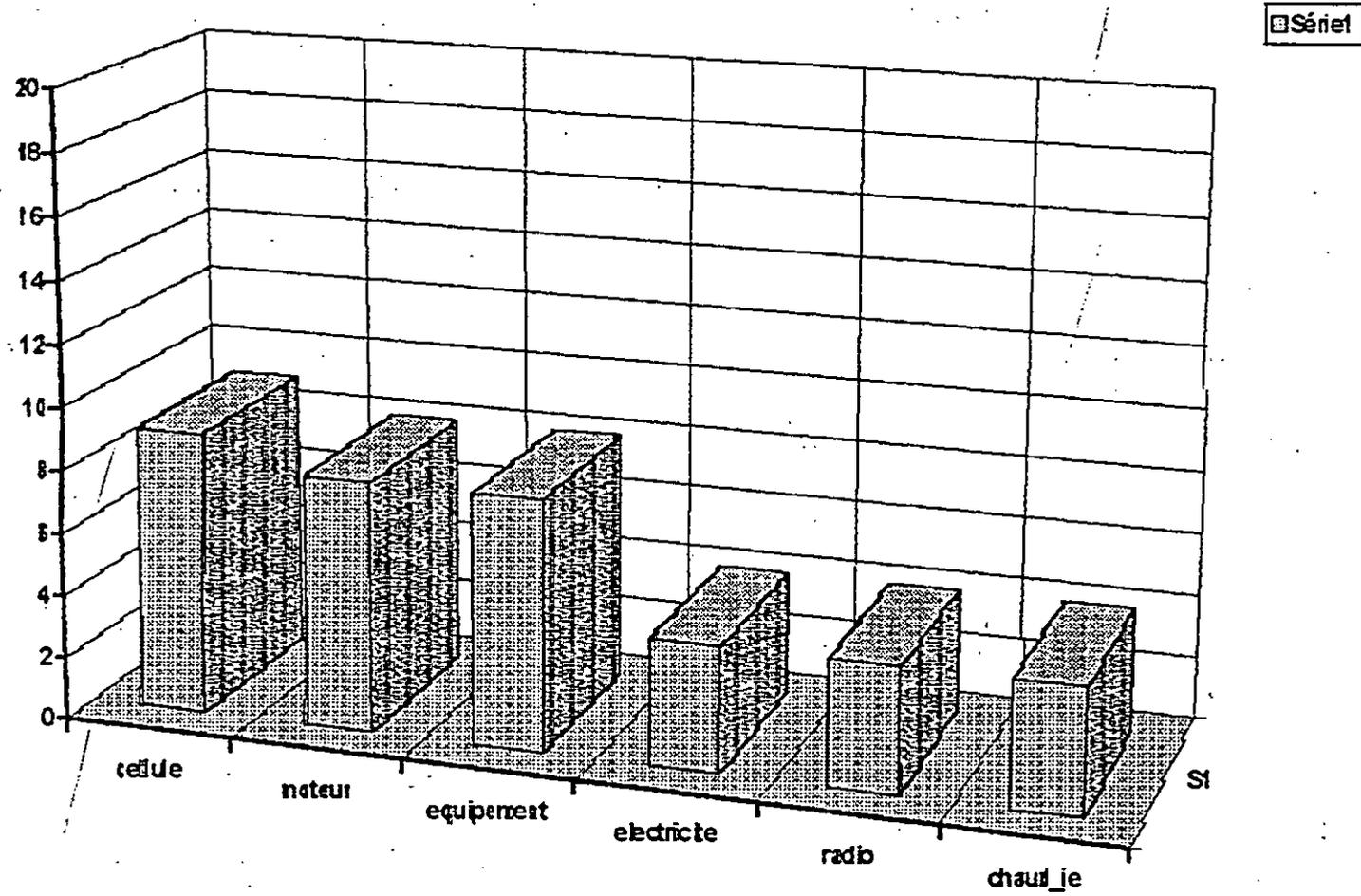
taux d'activite (%)  
b727 (1 hangar)  
creneau 1 (sans aleas) apres lissage



taux d'activite (%)  
b727 (1 hangar)  
creneau 2 (sans aleas) apres lissage

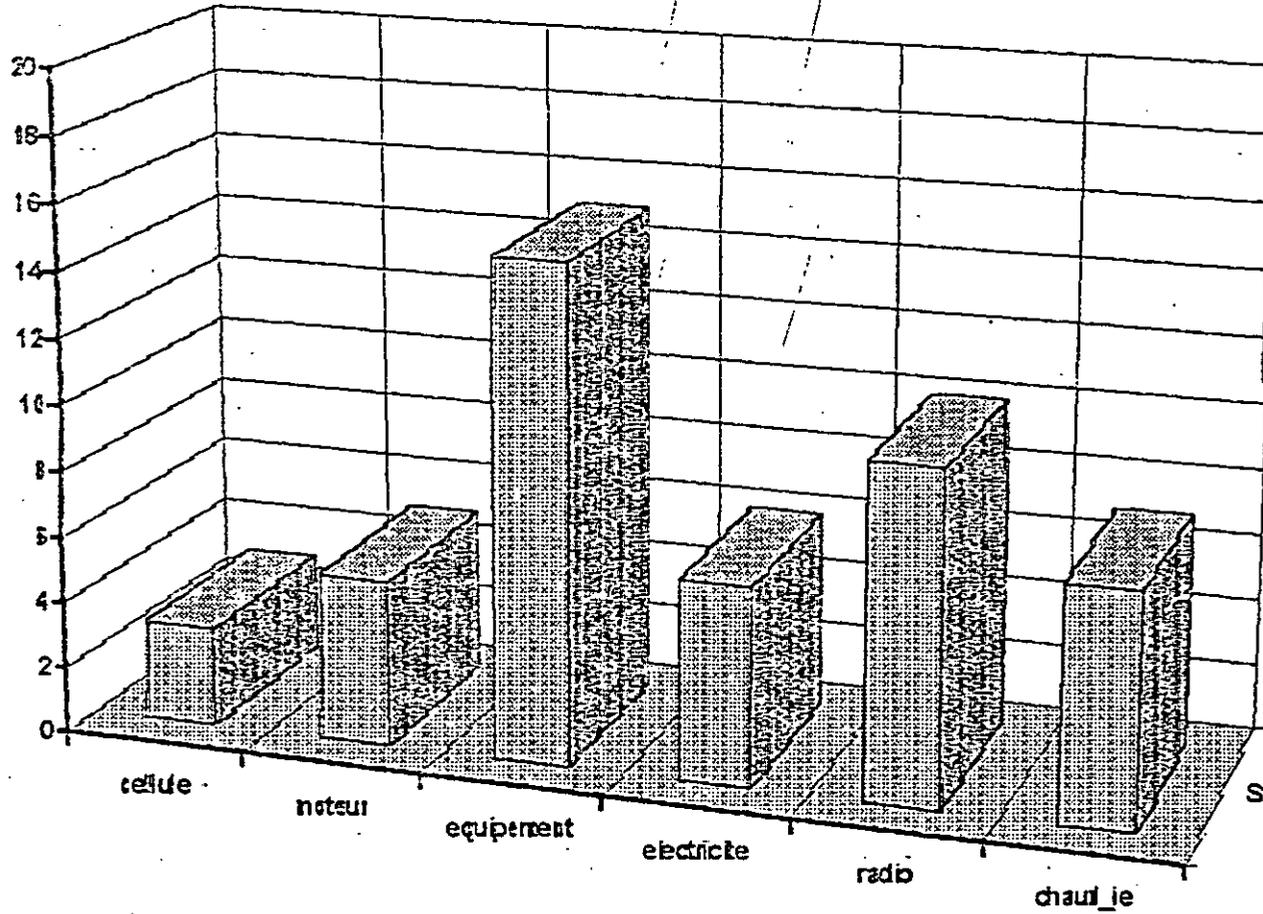


taux d'activite (%)  
b717 (1 hangar)  
creneau 3 (sans aleas) apres lissage



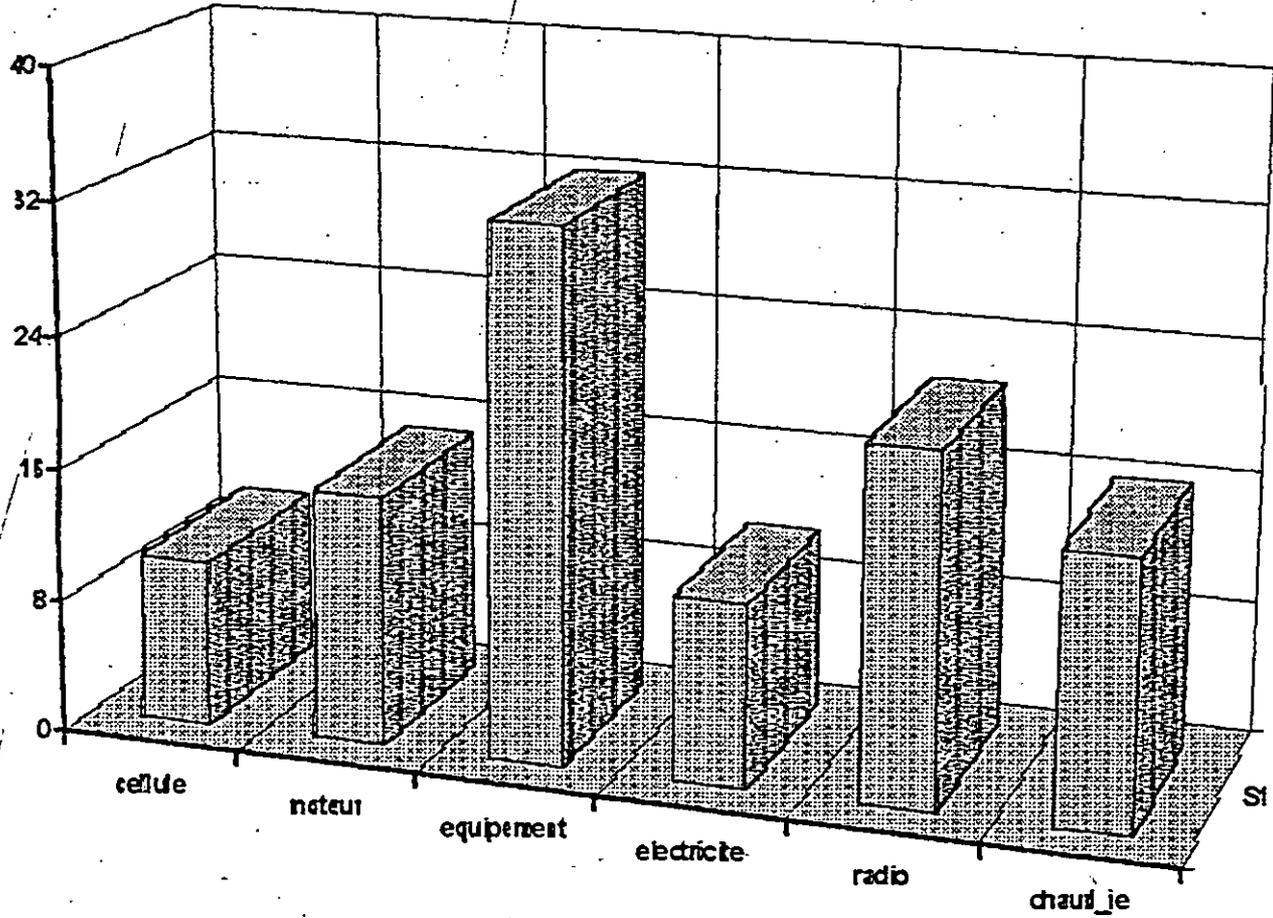
taux d'activite (%)  
b737 (1 hangar)  
creneau 1 (sans alas) apres lissage

Sériel

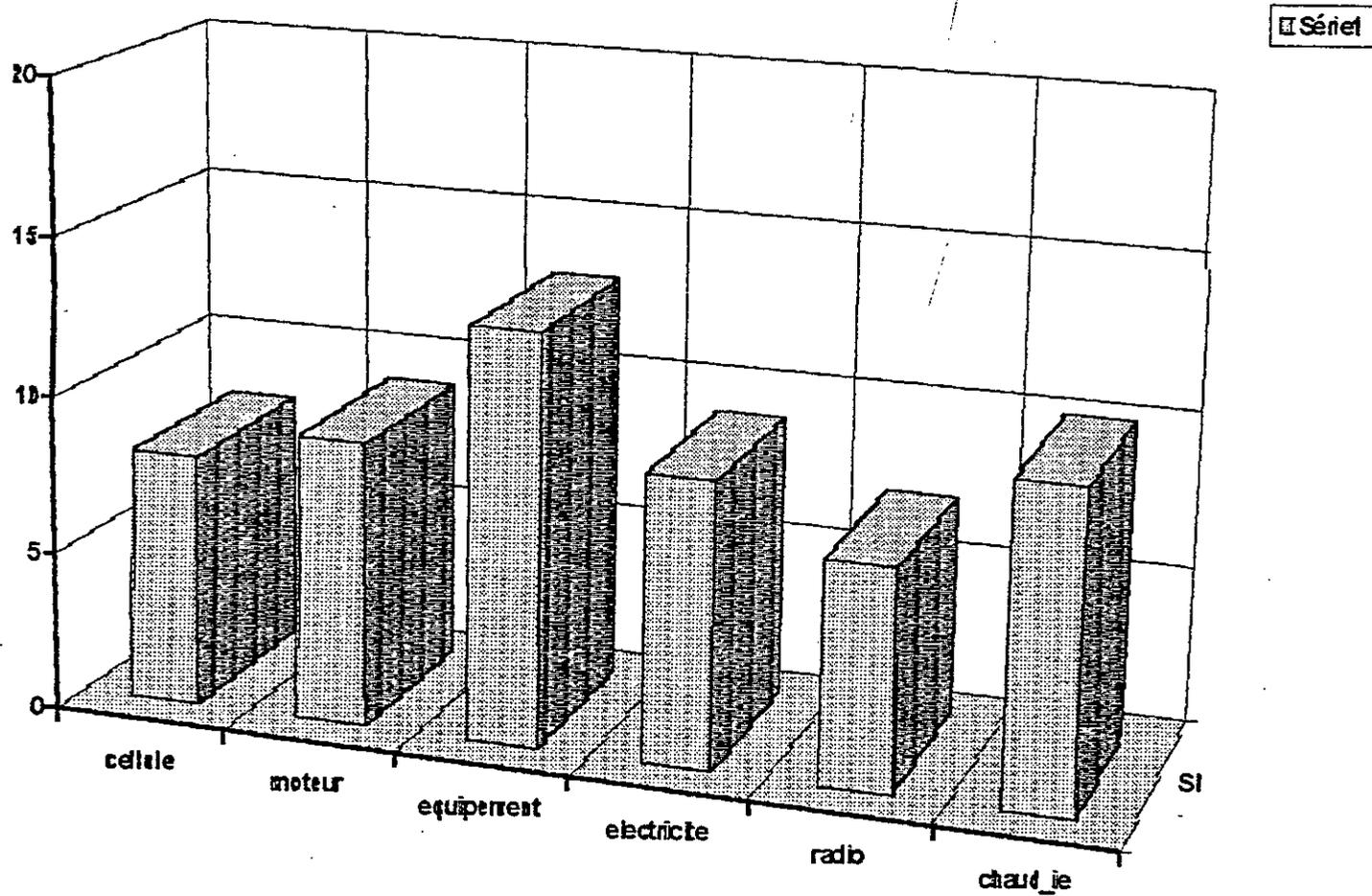


taux d'activité (%)  
b737 (1 hangar)  
creneau 2 (sans aleas) apres lissage

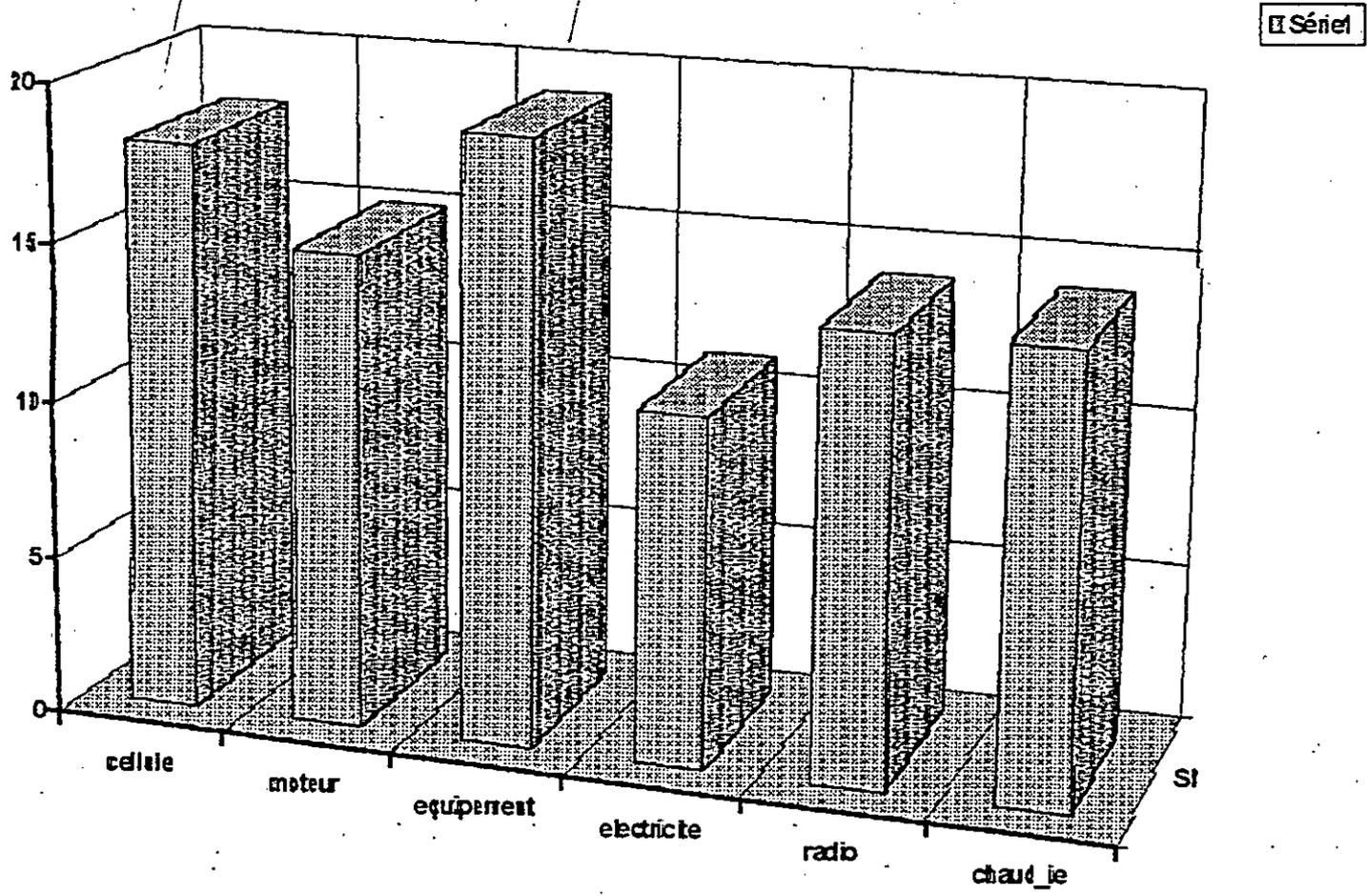
Sériel



taux d'activité (%)  
b727 (2 hangar)  
creneau 1 (sans aleas) apres lissage

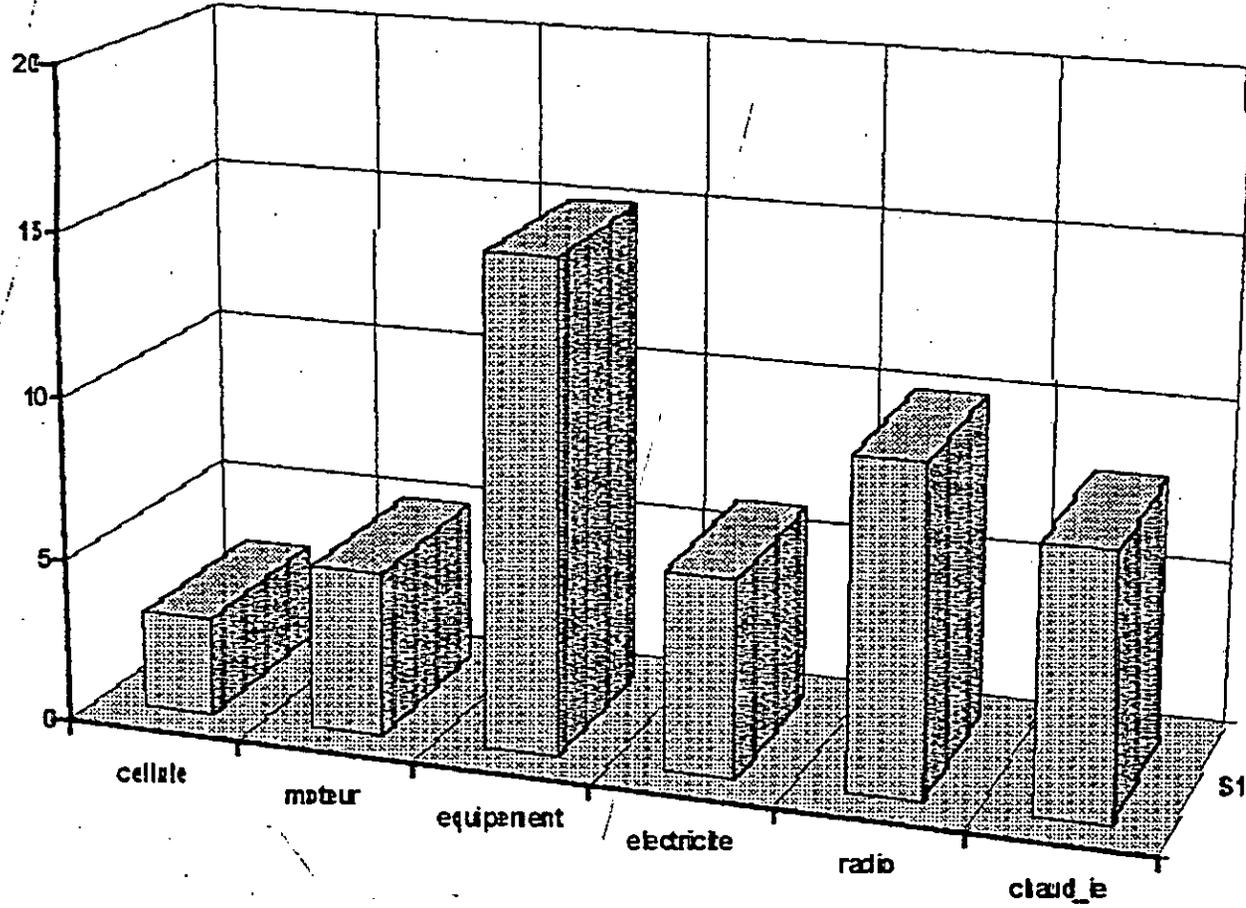


taux d'activité (%)  
b727 (2 hangar)  
creneau 2 (sans aleas) apres lissage

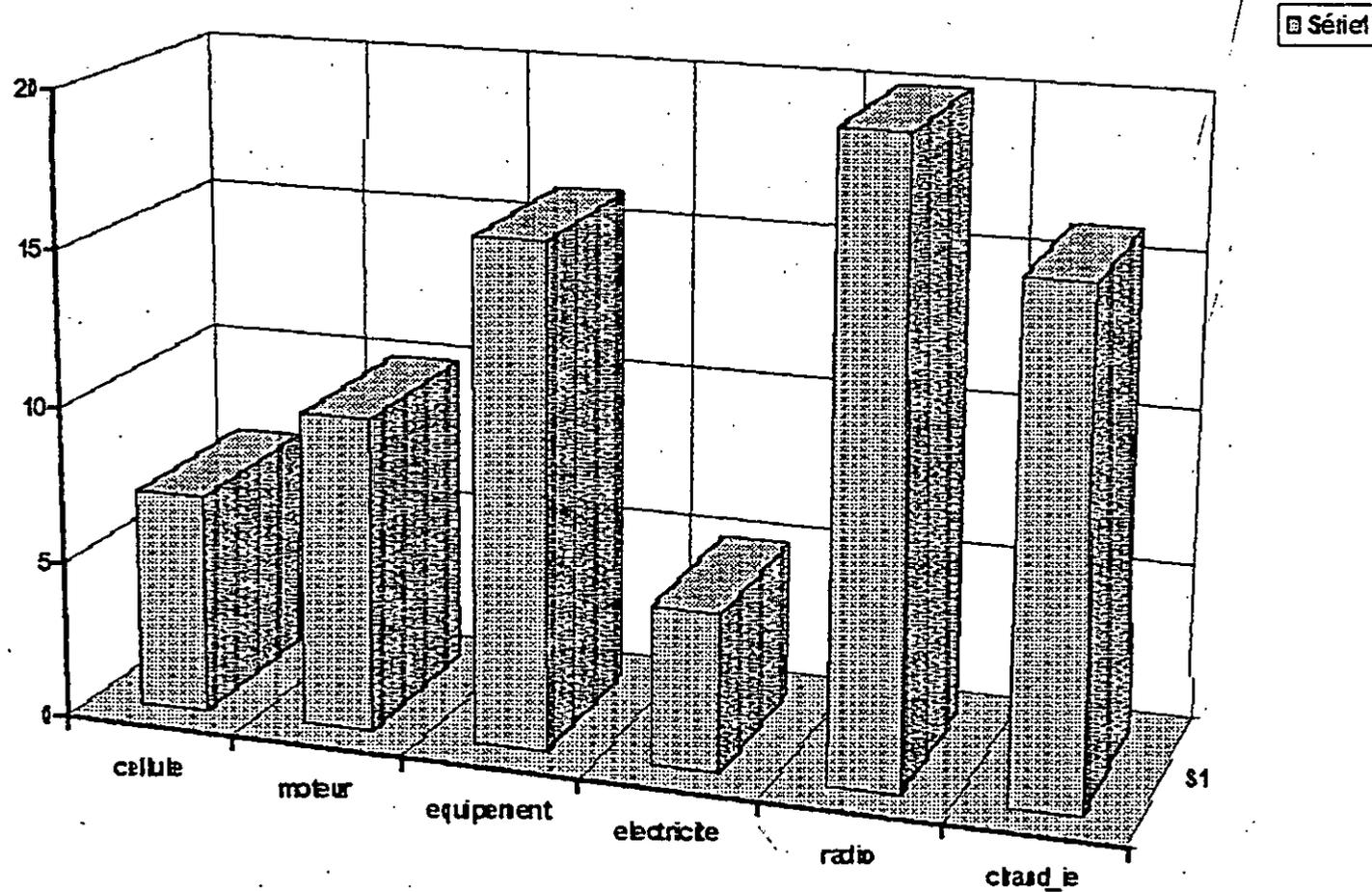


taux d'activité (%)  
b737 (2 hangar)  
creneau 1 (sans ailes) apres lissage

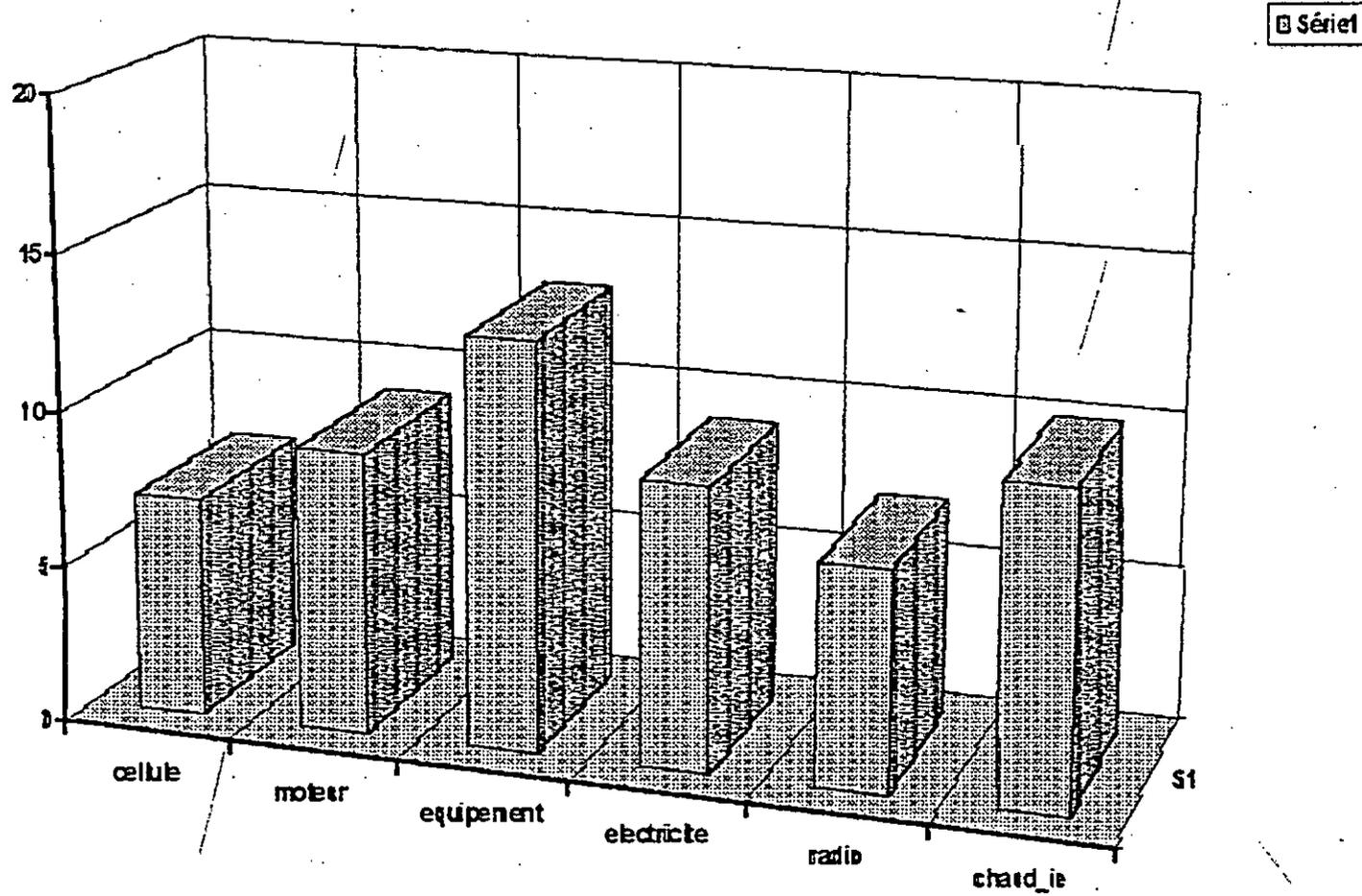
□ Série1



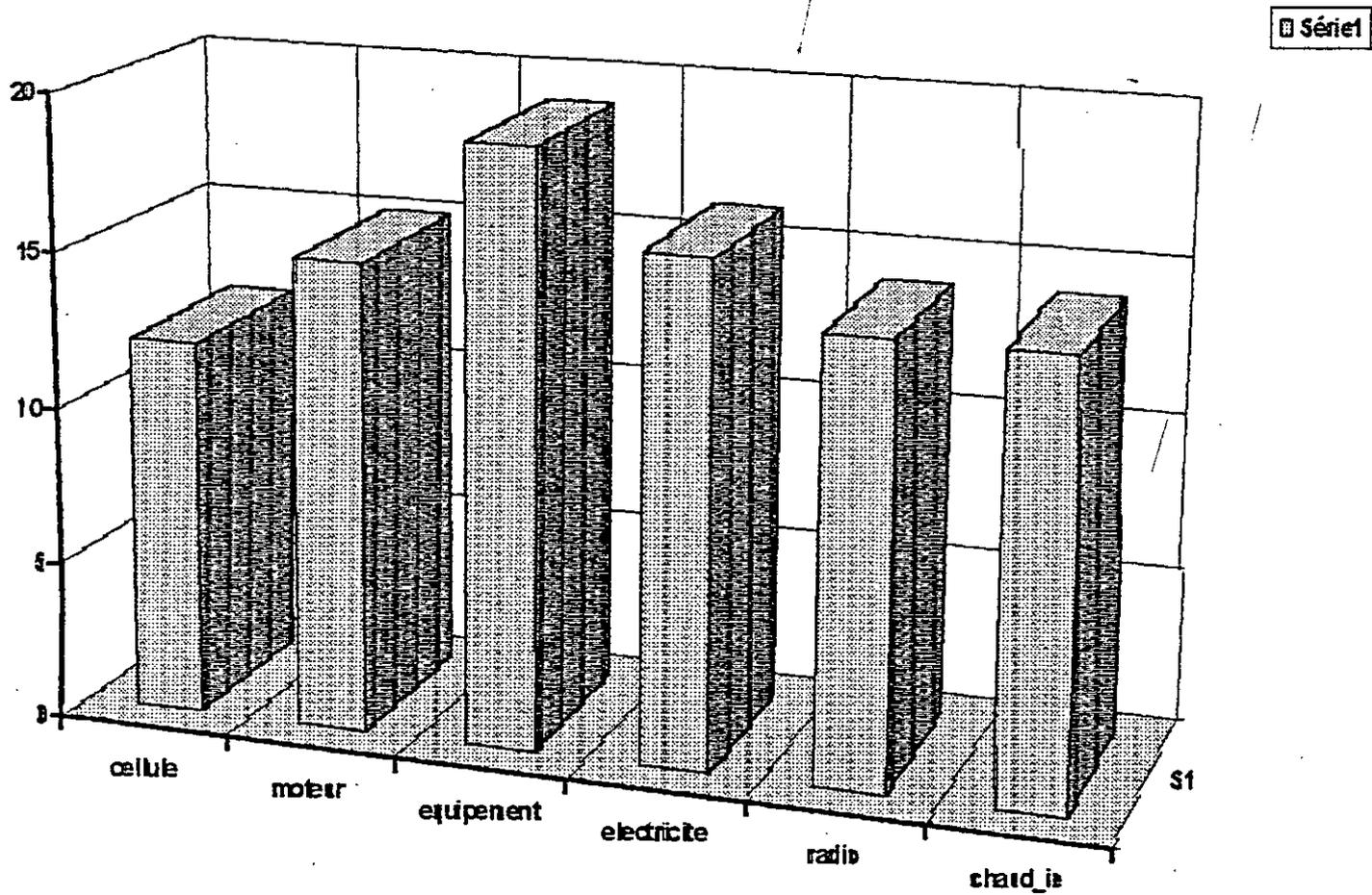
taux d'activité (%)  
b737 (2 hangar)  
creneau 2 (sans aleas) apres lissage.



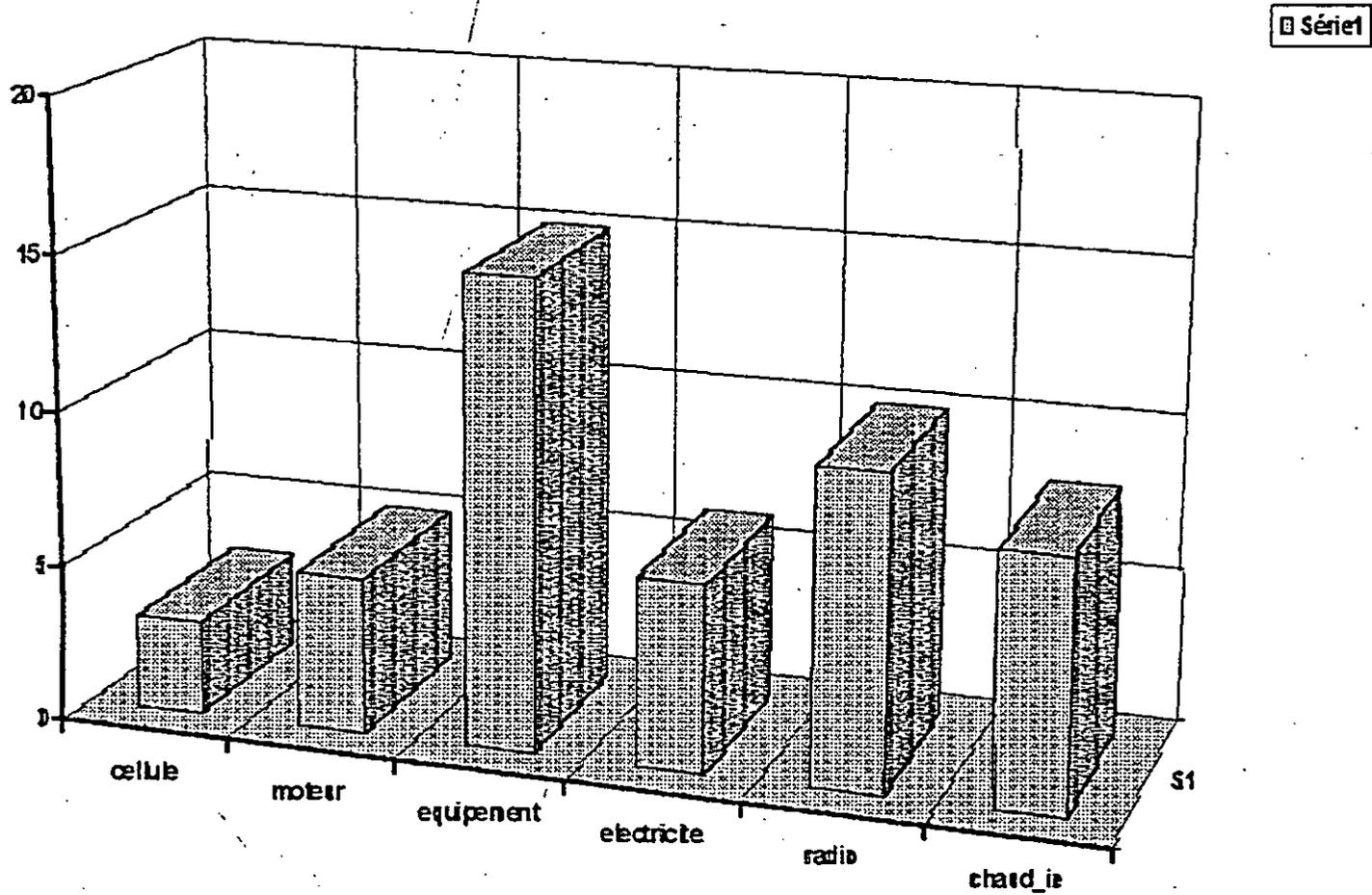
taux d'activite (%)  
b727 (3 hangar)  
creneau 1 (sans aleas) apres lissage



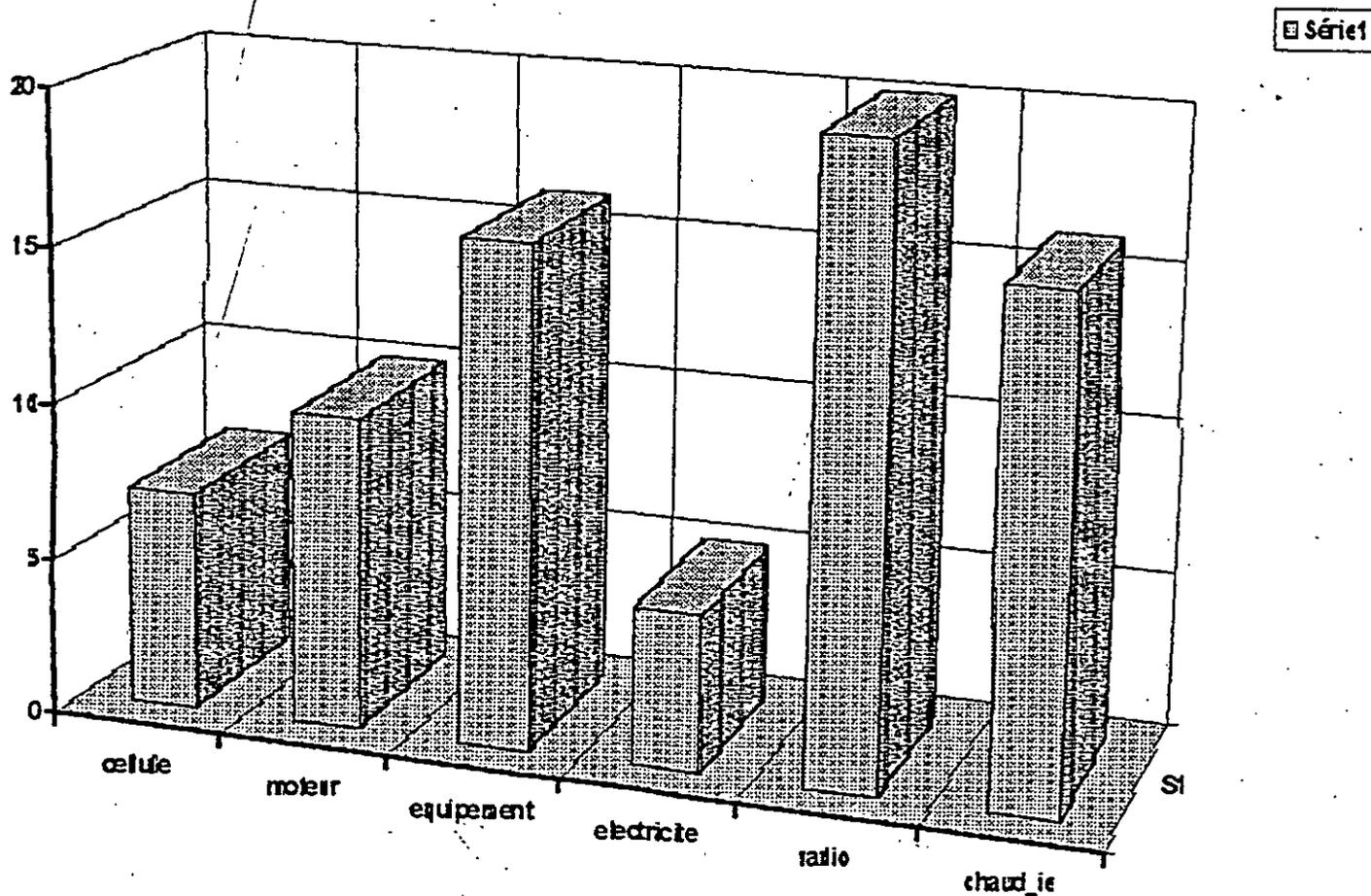
taux d'activité (%)  
b727 (3 hangar)  
creneau 2 (sans aleas) apres lissage



taux d'activité (%)  
b737 (3 hangar)  
creneau 1 (sans aleas) apres lissage



taux d'activite (%)  
b737 (3 hangar)  
creneau 2(sans aleas) apres lissage



SCENARIO 4 :

SOLUTION POUR UN, DEUX, ET TROIS HANGARS PAR LISSAGE  
AVEC GENERATION D'ALEAS.

UN HANGAR

PERFORMANCES	DUREES	ECART TYPE
TEMPS D'ATTENTE TOTAL / AVION	6862,60 Min	/
TEMPS D'ATTENTE QUOTIDIEN / AVION	36,90 Min	0,40
TEMPS D'ENTRETIEN TOTAL / AVION	18440,70 Min	/
TEMPS D'ENTRETIEN QUOTIDIEN/AVION	99,10 Min	0,20

RISQUE = 0,02 %

QUALIFICATION 8727	CRENEAU 1		CRENEAU 2		CRENEAU 3	
SPECIALITE	SOLUTION	TAUX ACTIV (%)	SOLUTION	TAUX ACTIV (%)	SOLUTION	TAUX ACTIV (%)
CELLULE	6,00	09	3,00	24	2,00	04
MOTEUR	3,00	13	2,00	31	2,00	03
EQUIPEMENT	1,00	31	1,00	58	1,00	07
ELECTRICITE	1,00	24	1,00	33	1,00	04
RADIO	1,00	17	1,00	29	1,00	03
CHAUDRONNERIE	1,00	15	1,00	29	1,00	03

QUALIFICATION 8737	CRENEAU 1		CRENEAU 2		CRENEAU 3	
SPECIALITE	SOLUTION	TAUX ACTIV (%)	SOLUTION	TAUX ACTIV (%)	SOLUTION	TAUX ACTIV (%)
CELLULE	5,00	03	3,00	10	1,00	00
MOTEUR	3,00	05	2,00	16	1,00	00
EQUIPEMENT	2,00	06	1,00	33	1,00	01
ELECTRICITE	1,00	05	1,00	11	1,00	00
RADIO	1,00	09	1,00	22	1,00	00
CHAUDRONNERIE	1,00	06	1,00	17	1,00	00

RISQUE = 0,28 %

PERFORMANCES	DUREES	ECART TYPE
TEMPS D'ATTENTE TOTAL / AVION	6700,80 Min	/
TEMPS D'ATTENTE QUOTIDIEN / AVION	36,00 Min	0,40
TEMPS D'ENTRETIEN TOTAL / AVION	18351,30 Min	/
TEMPS D'ENTRETIEN QUOTIDIEN/AVION	98,70 Min	0,20

QUALIFICATION B727	CRENEAU 1		CRENEAU 2		CRENEAU 3	
SPECIALITE	SOLUTION	TAUX ACTIV (%)	SOLUTION	TAUX ACTIV (%)	SOLUTION	TAUX ACTIV (%)
CELLULE	6,00	09	3,00	24	2,00	04
MOTEUR	3,00	13	2,00	31	2,00	03
EQUIPEMENT	1,00	31	1,00	58	1,00	07
ELECTRICITE	1,00	24	1,00	33	1,00	04
RADIO	1,00	17	1,00	29	1,00	03
CHAUDRONNERIE	1,00	15	1,00	29	1,00	03

QUALIFICATION B737	CRENEAU 1		CRENEAU 2		CRENEAU 3	
SPECIALITE	SOLUTION	TAUX ACTIV (%)	SOLUTION	TAUX ACTIV (%)	SOLUTION	TAUX ACTIV (%)
CELLULE	5,00	03	3,00	10	0,00	00
MOTEUR	3,00	05	2,00	16	0,00	00
EQUIPEMENT	2,00	06	1,00	33	0,00	00
ELECTRICITE	1,00	05	1,00	11	0,00	00
RADIO	1,00	09	1,00	22	0,00	00
CHAUDRONNERIE	1,00	06	1,00	17	0,00	00

## DEUX HANGARS

PERFORMANCES	DUREES	ECART TYPE
TEMPS D'ATTENTE TOTAL / AVION	1225,10 Min	/
TEMPS D'ATTENTE QUOTIDIEN / AVION	06,60 Min	0,10
TEMPS D'ENTRETIEN TOTAL / AVION	15504,00 Min	/
TEMPS D'ENTRETIEN QUOTIDIEN/AVION	83,40 Min	0,20

RISQUE = 0,067 %

QUALIFICATION B727	CRENEAU 1		CRENEAU 2		CRENEAU 3	
SPECIALITE	SOLUTION	TAUX ACTIV (%)	SOLUTION	TAUX ACTIV (%)	SOLUTION	TAUX ACTIV (%)
CELLULE	8,00	08	4,00	18	0,00	00
MOTEUR	5,00	09	4,00	15	0,00	00
EQUIPEMENT	3,00	12	3,00	19	0,00	00
ELECTRICITE	3,00	09	3,00	11	0,00	00
RADIO	3,00	07	2,00	15	0,00	00
CHAUDRONNERIE	2,00	09	2,00	15	0,00	00

QUALIFICATION B737	CRENEAU 1		CRENEAU 2		CRENEAU 3	
SPECIALITE	SOLUTION	TAUX ACTIV (%)	SOLUTION	TAUX ACTIV (%)	SOLUTION	TAUX ACTIV (%)
CELLULE	5,00	03	4,00	08	0,00	00
MOTEUR	3,00	04	3,00	11	0,00	00
EQUIPEMENT	1,00	12	2,00	17	0,00	00
ELECTRICITE	1,00	05	2,00	06	0,00	00
RADIO	1,00	08	1,00	23	0,00	00
CHAUDRONNERIE	1,00	06	1,00	17	0,00	00

TROIS HANGARS

RISQUE = 0,0363%

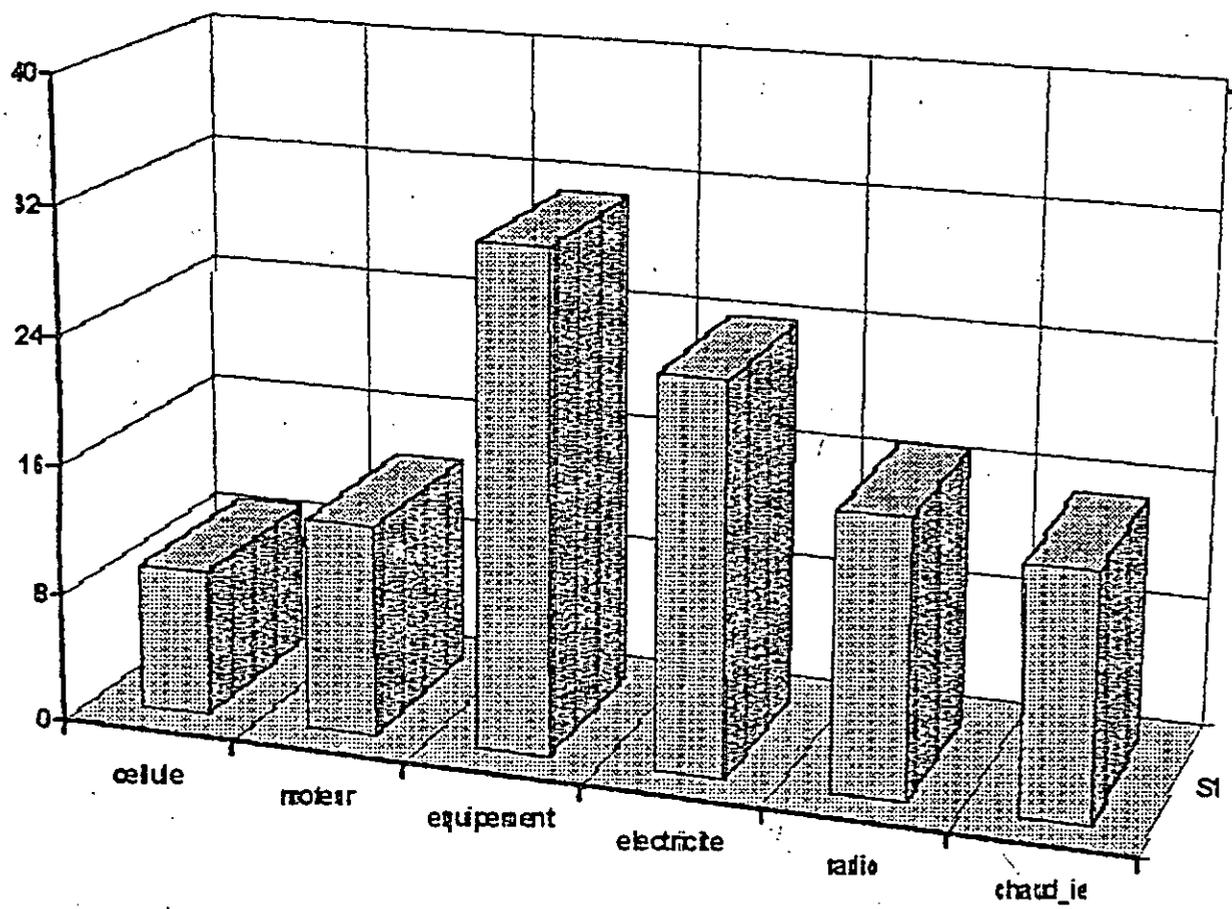
PERFORMANCES	DUREES	ECART TYPE
TEMPS D'ATTENTE TOTAL / AVION	740,80 Min	/
TEMPS D'ATTENTE QUOTIDIEN / AVION	04,00 Min	0,10
TEMPS D'ENTRETIEN TOTAL / AVION	15130,40 Min	/
TEMPS D'ENTRETIEN QUOTIDIEN/AVION	81,30 Min	0,20

QUALIFICATION 8727	CRENEAU 1		CRENEAU 2		CRENEAU 3	
SPECIALITE	SOLUTION	TAUX ACTIV (%)	SOLUTION	TAUX ACTIV (%)	SOLUTION	TAUX ACTIV (%)
CELLULE	9,00	07	6,00	12	0,00	00
MOTEUR	5,00	09	5,00	12	0,00	00
EQUIPEMENT	4,00	09	4,00	15	0,00	00
ELECTRICITE	3,00	09	3,00	11	0,00	00
RADIO	3,00	07	2,00	15	0,00	00
CHAUDRONNERIE	2,00	09	2,00	15	0,00	00

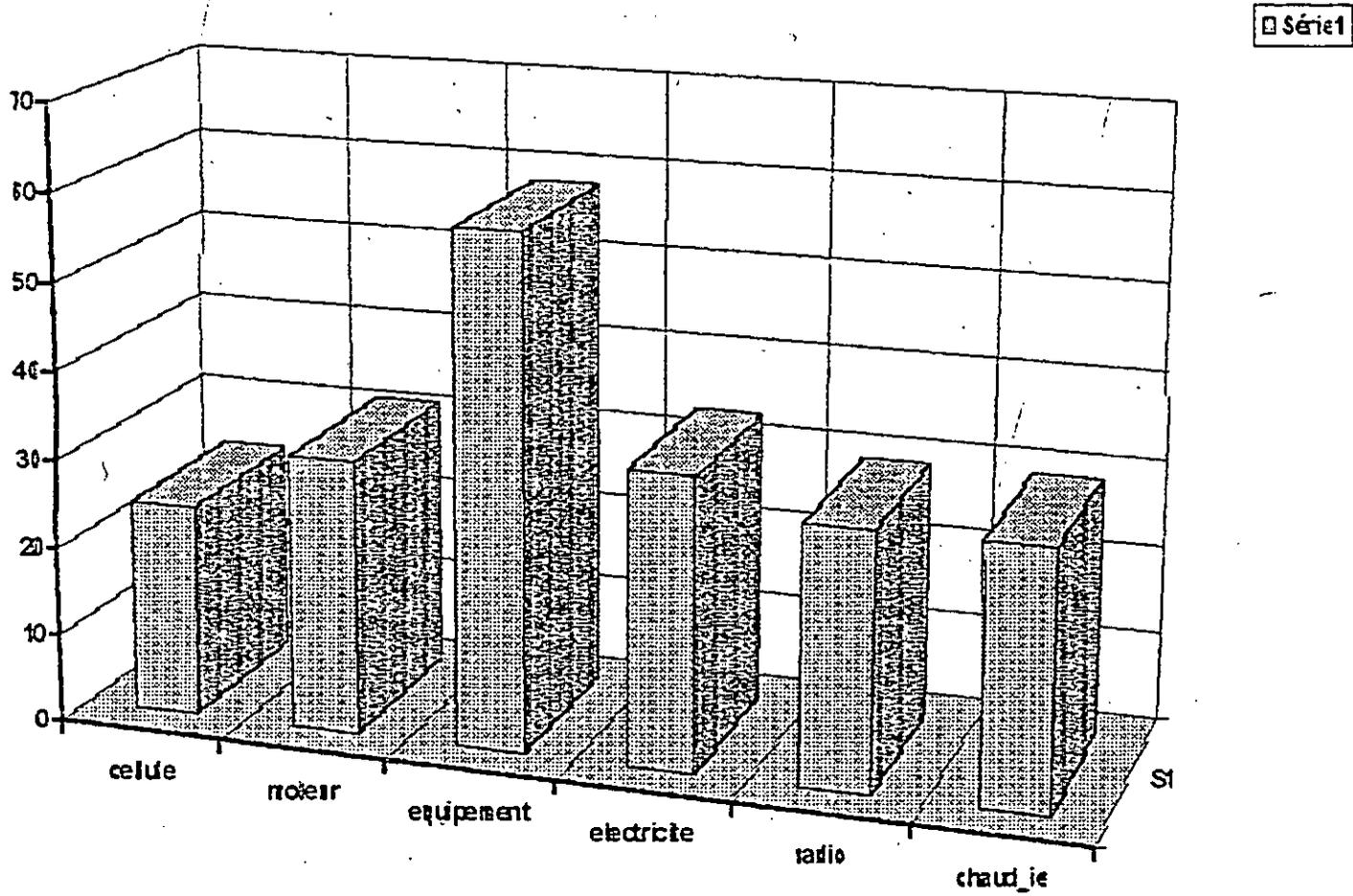
QUALIFICATION 8737	CRENEAU 1		CRENEAU 2		CRENEAU 3	
SPECIALITE	SOLUTION	TAUX ACTIV (%)	SOLUTION	TAUX ACTIV (%)	SOLUTION	TAUX ACTIV (%)
CELLULE	5,00	03	5,00	06	0,00	00
MOTEUR	3,00	05	3,00	10	0,00	00
EQUIPEMENT	2,00	07	2,00	16	0,00	00
ELECTRICITE	1,00	05	2,00	06	0,00	00
RADIO	1,00	09	1,00	22	0,00	00
CHAUDRONNERIE	1,00	07	1,00	16	0,00	00

taux d'activite (%)  
b727 (1 hangar)  
creneau 1 (avec aleas) apres lissage

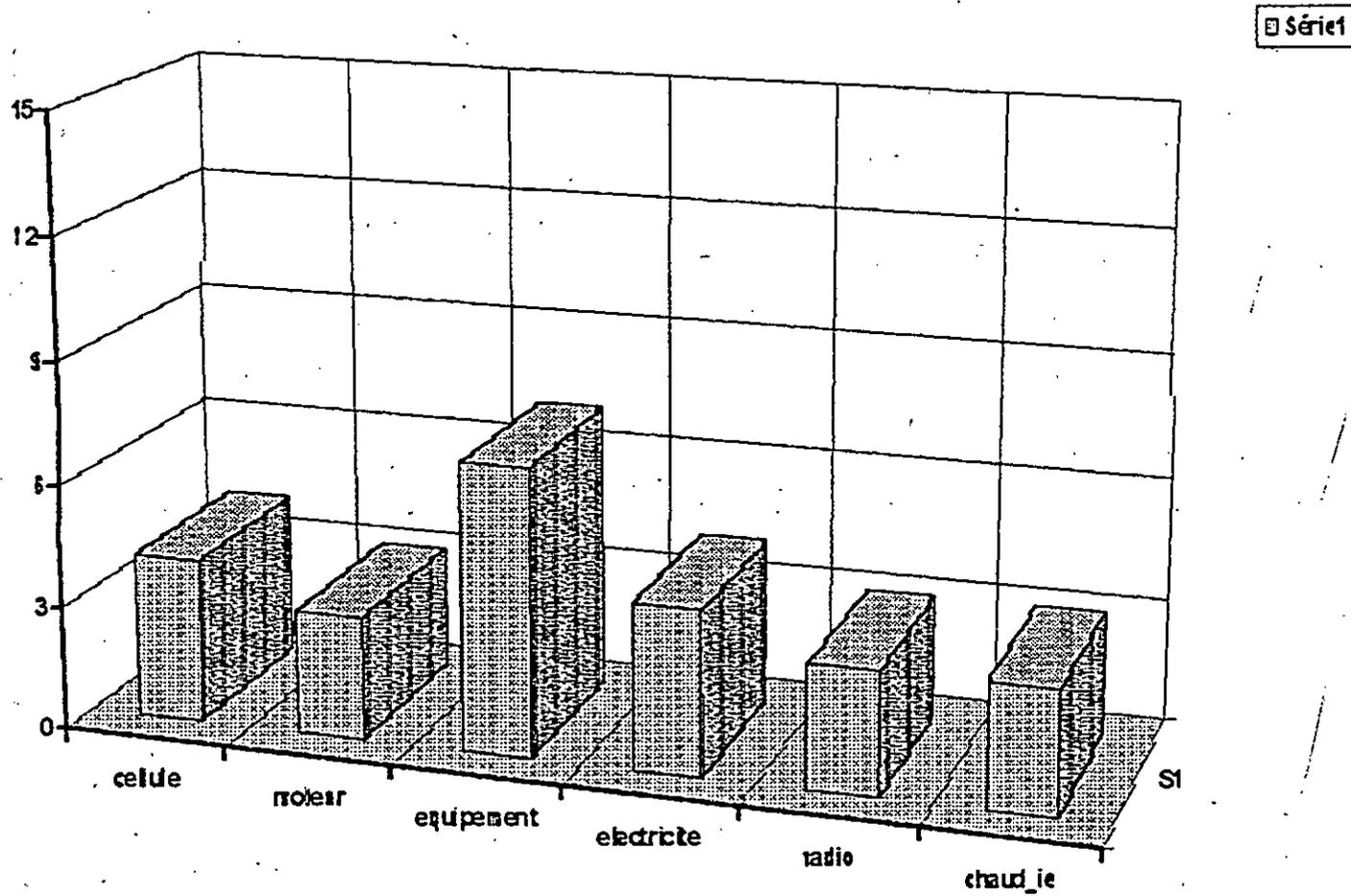
■ Série1



taux d'activité (%)  
b727 (1 hangar)  
creneau 2 (avec aleas) apres lissage

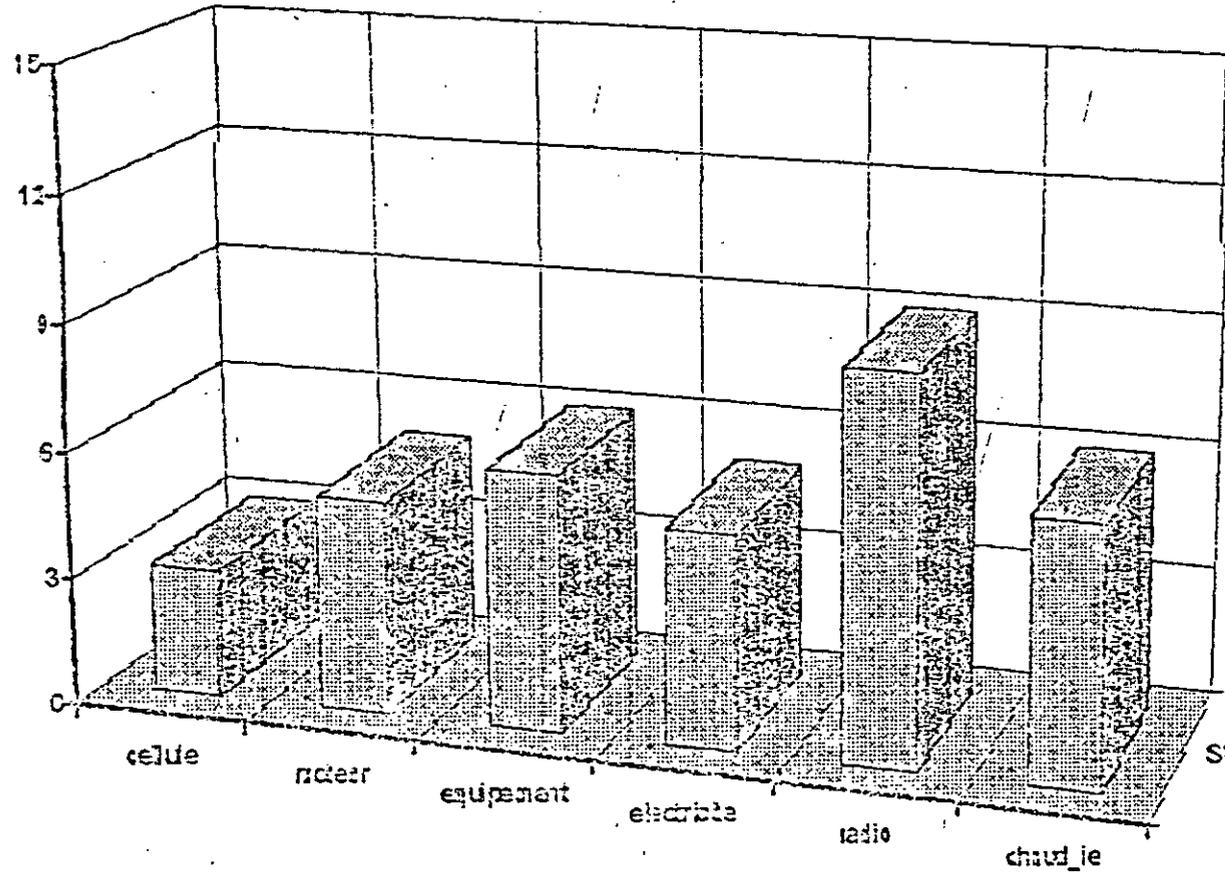


taux d'activité (%)  
b717 (1 hangar)  
creneau 3(avec aleas) apres lissage

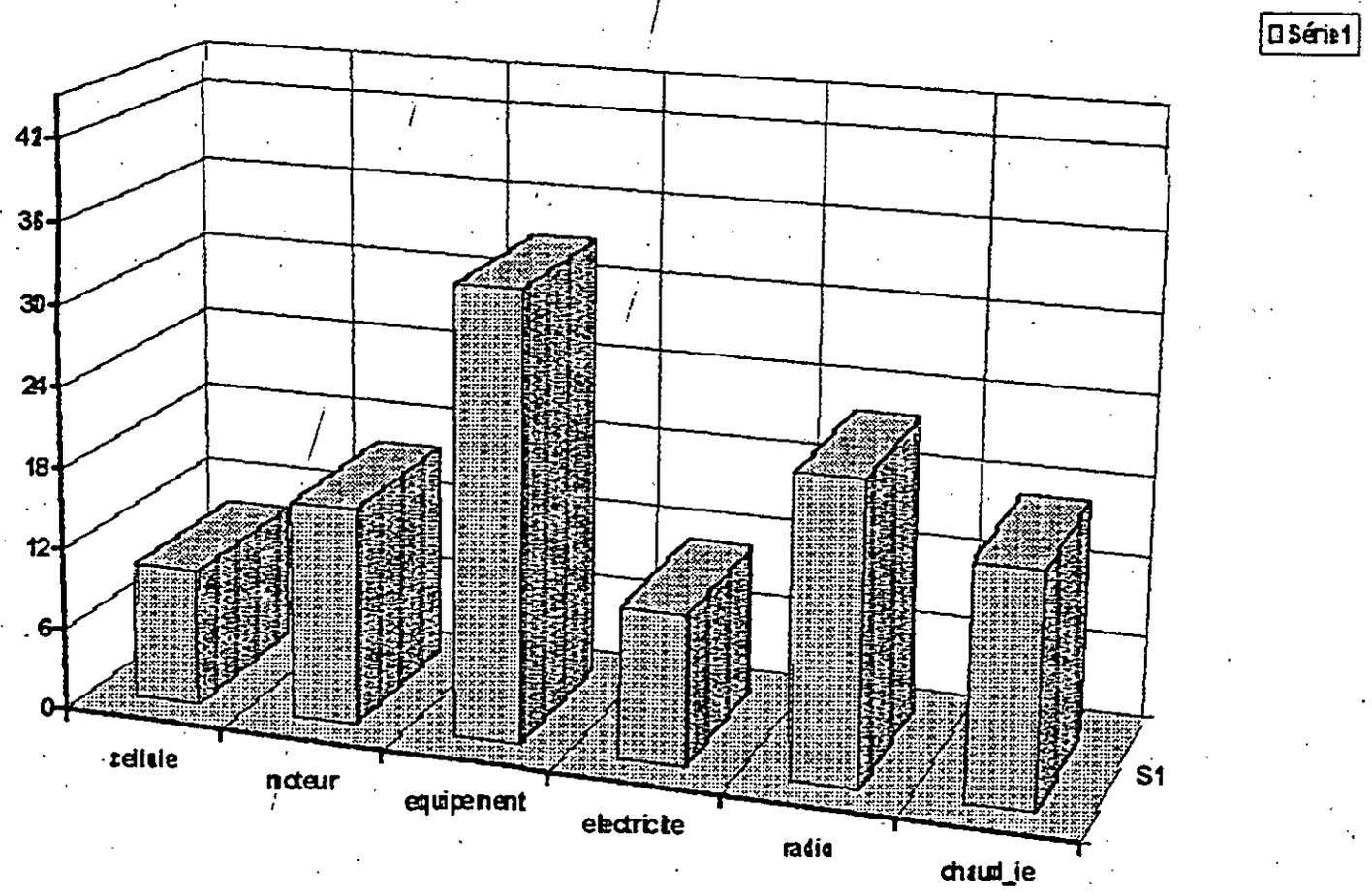


taux d'activite (%)  
b737 (1 hangar)  
creneau 1 (avec ailes) apres lissage

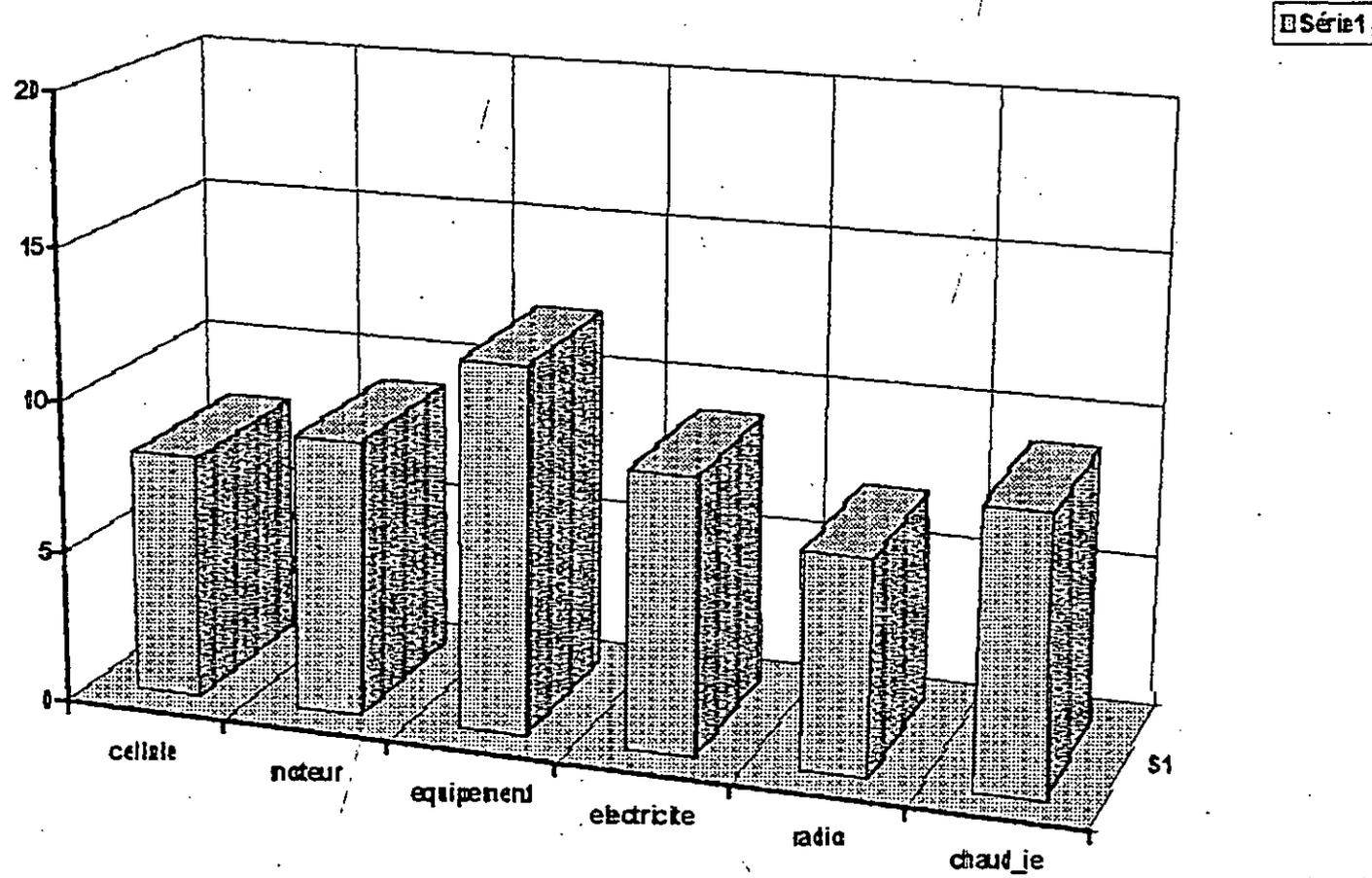
Series1



taux d'activité (%)  
b737 (1 hangar)  
creneau 2 (avec aleas) apres lissage

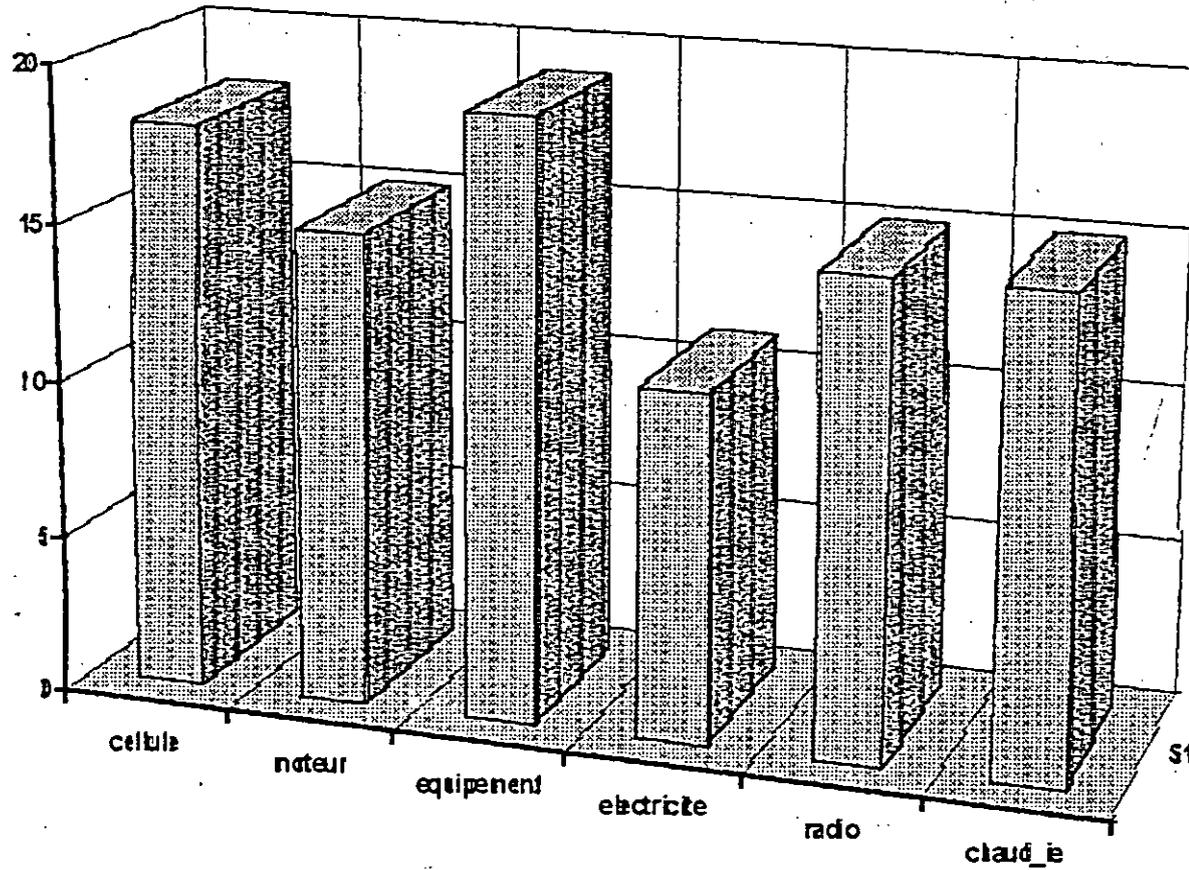


taux d'activité (%)  
b717 (2 hangar)  
creneau 1 (avec ailes) apres lissage



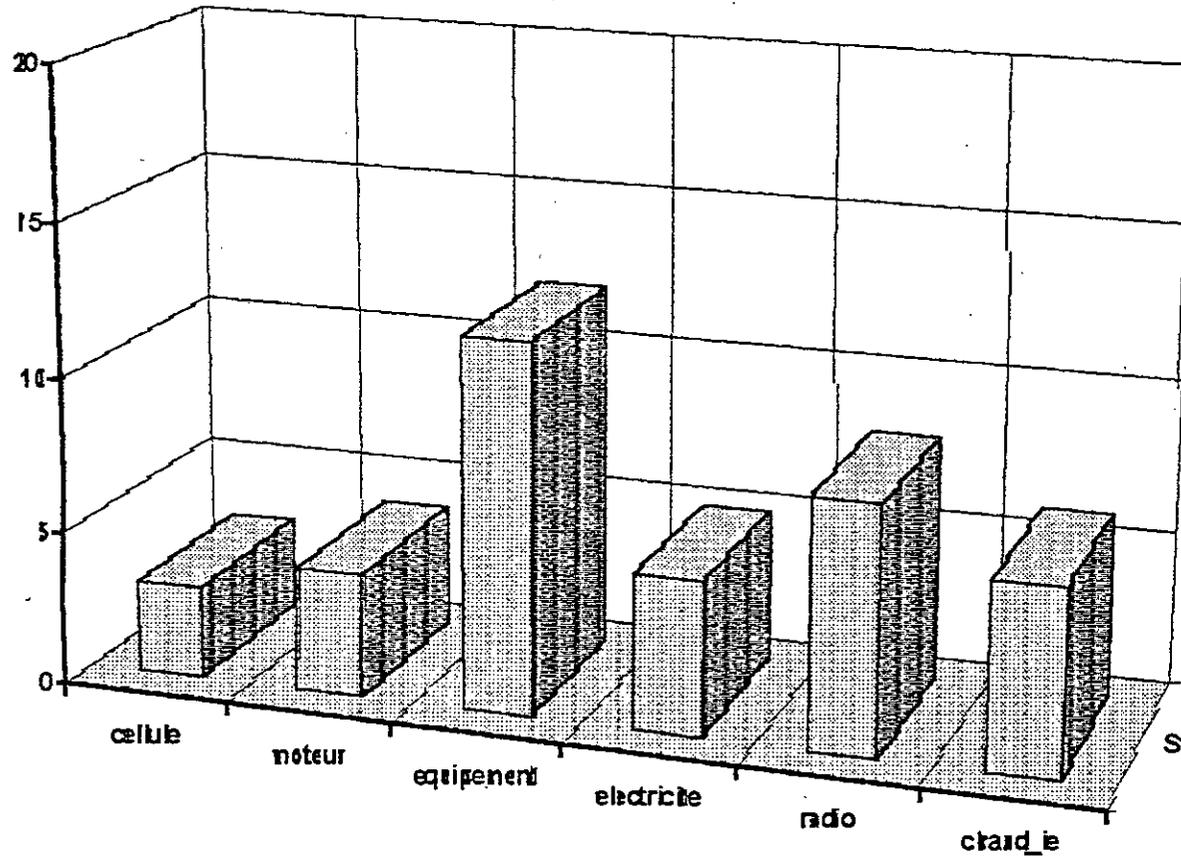
taux d'activité (%)  
b727 (2 hangar)  
creneau 2 (avec aleas) apres lissage

Serie1



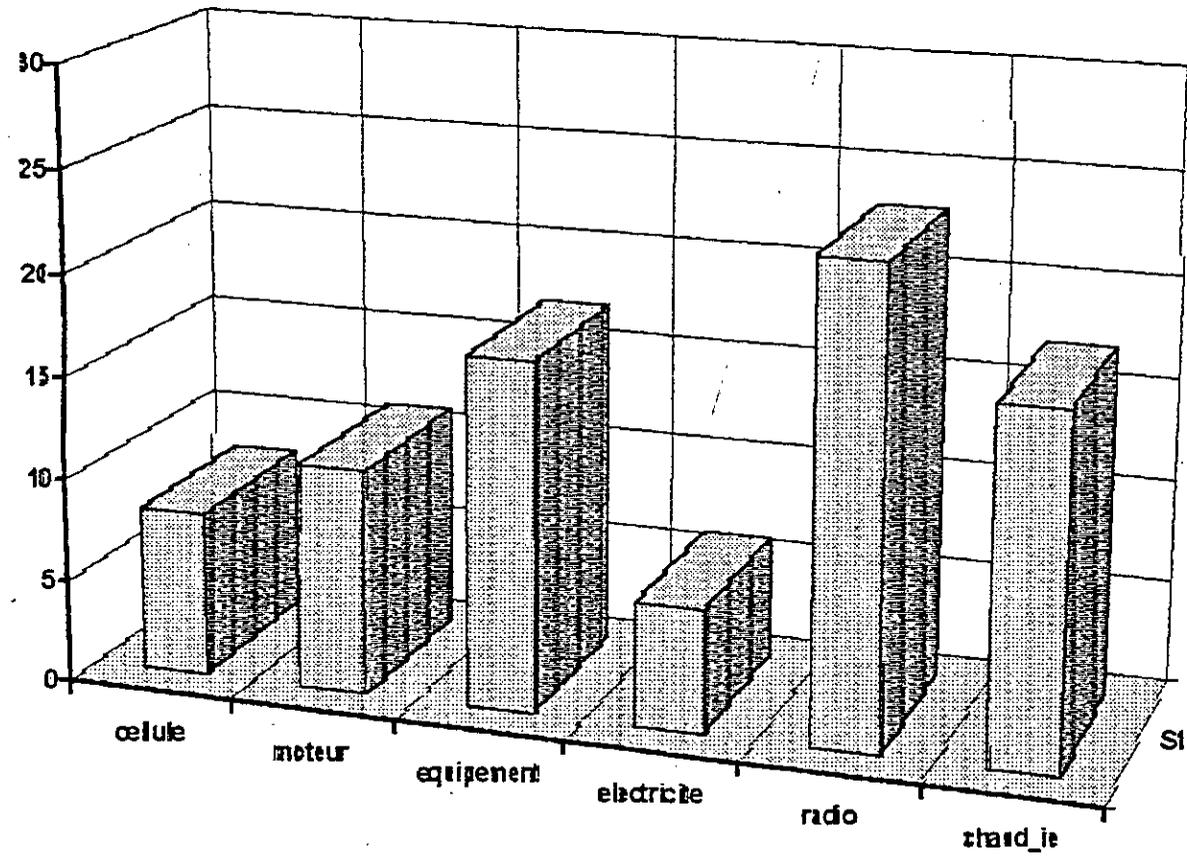
taux d'activité (%)  
b737 (2 hangar)  
creneau 1(avec alas) apres lissage

Sire1



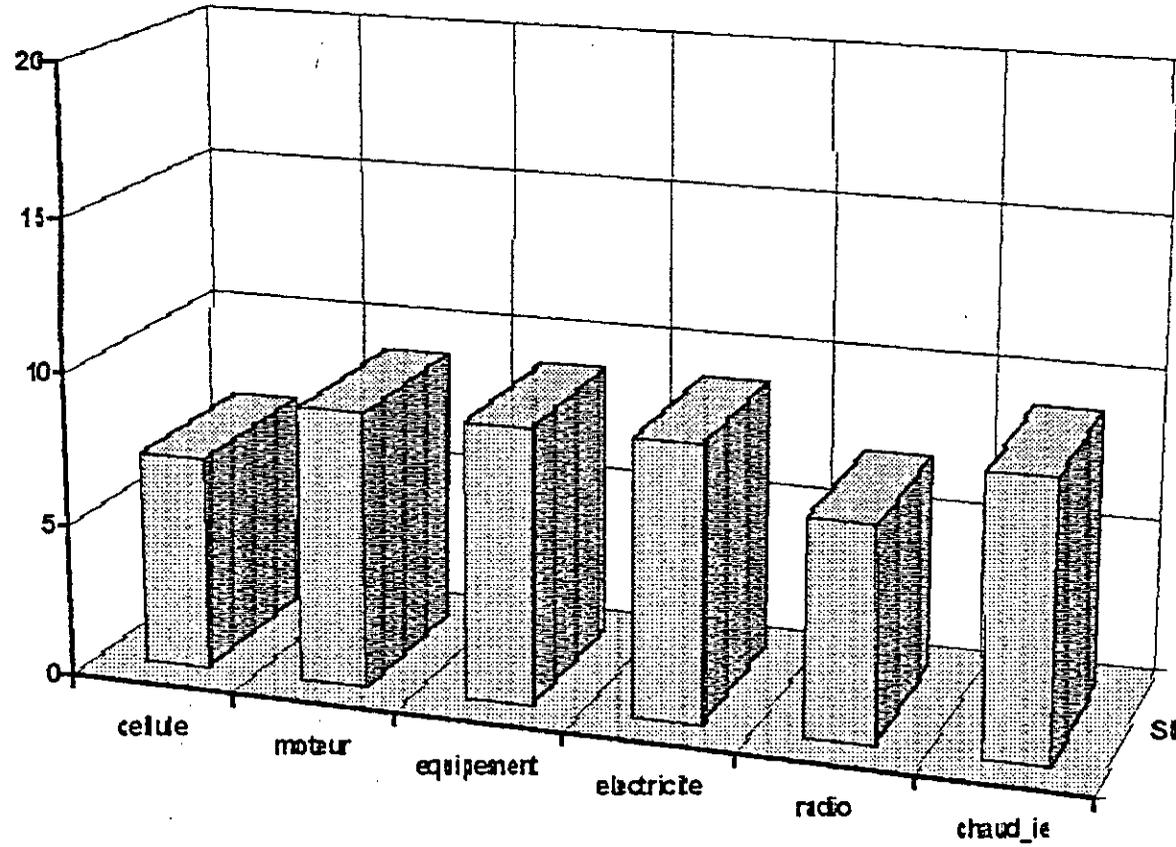
taux d'activite (%)  
b737 (2 hangar)  
creneau 2 (avec aleas) apres lissage

Siret



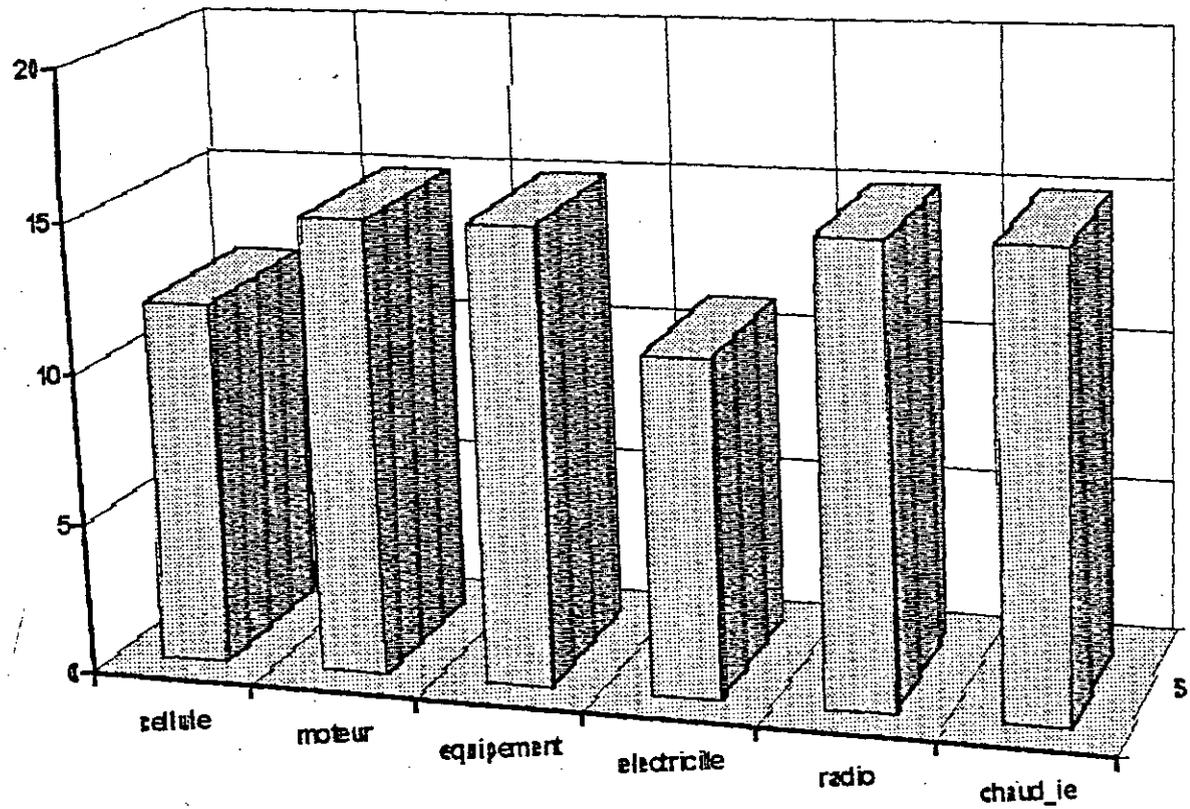
taux. d'activite (%)  
b717 (3 hangar)  
creneau 1(avec aleas) apres lissage

Series1



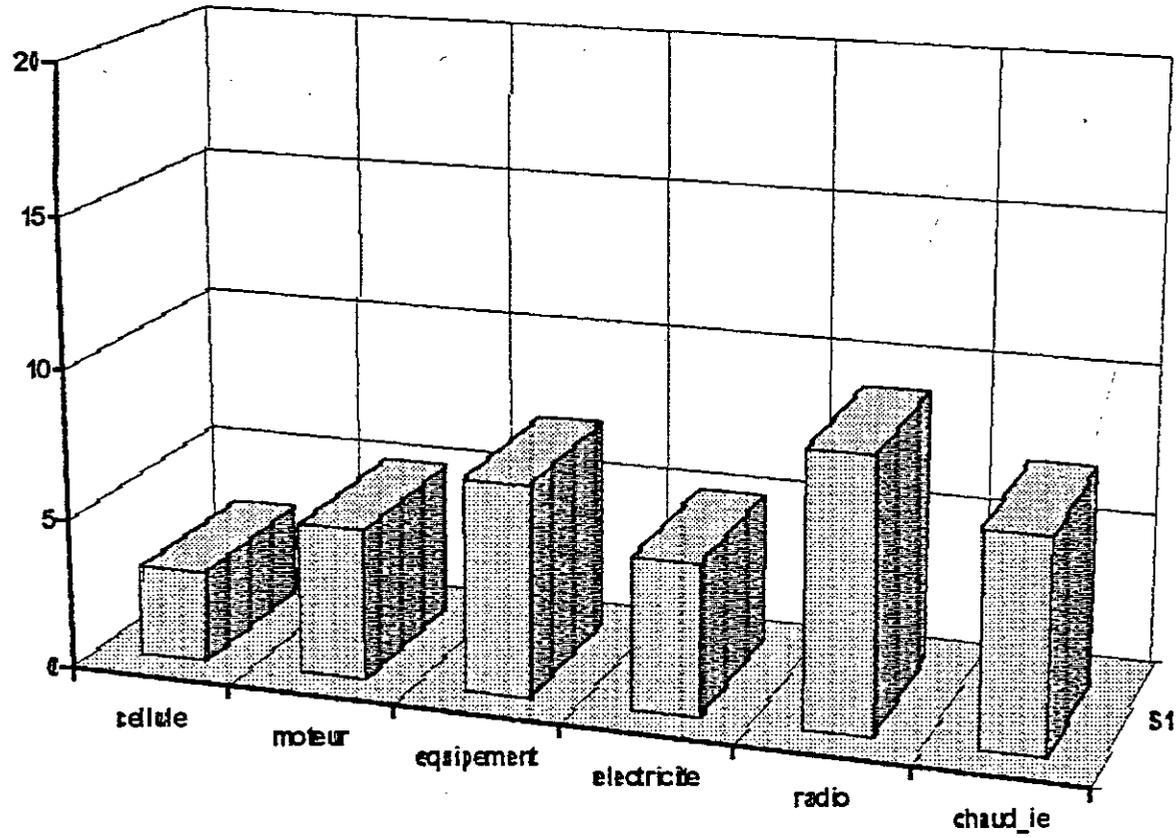
taux d'activite (%)  
b717 (3 hangar)  
creneau 2 (avec aleas) apres lissage

Serie1

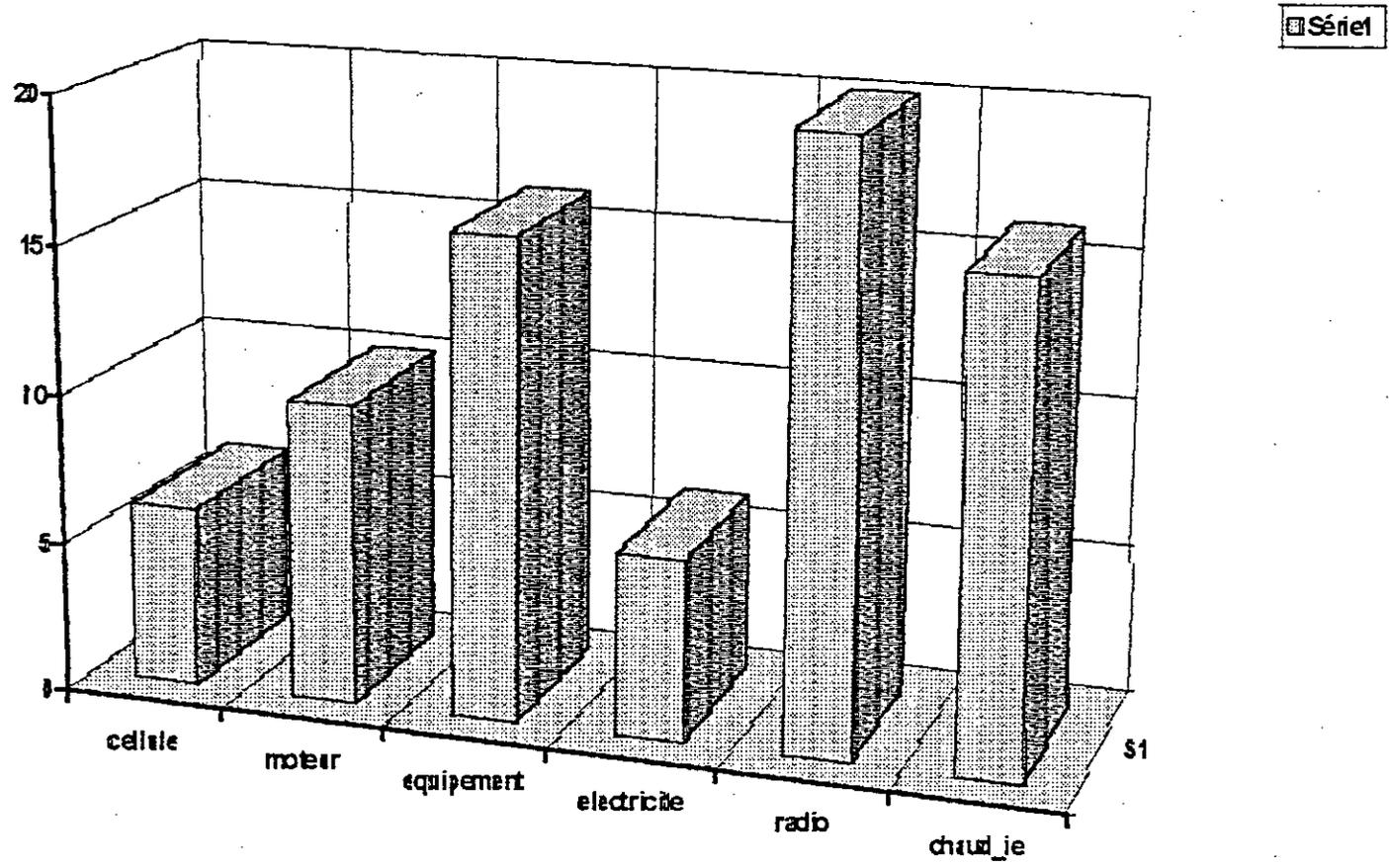


taux d'activite (%)  
b737 (3 hangar)  
creneau 1 (avec aleas) apres lissage

Sériel



taux d'activité (%)  
b737 (3 hangar)  
creneau 2 (avec aleas) apres lissage



SCENARIO 5 :

SOLUTION POUR UN, DEUX, ET TROIS HANGARS  
SANS GENERATION D'ALEAS DANS LE CAS D'UNE POLYVALENCE  
DES TECHNICIENS.

UN HANGAR

PERFORMANCES	DUREES	ECART TYPE
TEMPS D'ATTENTE TOTAL / AVION	4285,55 Min	/
TEMPS D'ATTENTE QUOTIDIEN / AVION	23,00 Min	1,50
TEMPS D'ENTRETIEN TOTAL / AVION	15827,50 Min	/
TEMPS D'ENTRETIEN QUOTIDIEN/AVION	85,10 Min	1,00

QUALIFICATION B727 - B737	C R E N E A U 1				C R E N E A U 2				C R E N E A U 3			
	SPECIALITE	SOLUTION	BESOINS QUOT.	CHARGES QUOT.	TAUX ACTIV (%)	SOLUTION	BESOINS QUOT.	CHARGES QUOT.	TAUX ACTIV. (%)	SOLUTION	BESOINS QUOT.	CHARGES QUOT.
CELLULE	7,00	2,13	34,45	11	3,00	2,08	47,87	35	2,00	0,08	0,57	01
MOTEUR	4,00	2,03	14,84	15	3,00	2,08	24,28	34	2,00	0,08	0,26	01
EQUIPEMENT	2,00	1,90	15,19	22	2,00	2,00	27,80	40	2,00	0,08	0,37	01
ELECTRICITE	2,00	1,04	4,71	20	2,00	1,08	07,30	30	1,00	0,04	0,07	01
RADIO	2,00	0,99	3,76	14	1,00	1,00	06,84	50	1,00	0,04	0,07	01
CHAUDRONNERIE	1,00	0,95	2,57	21	1,00	1,00	04,71	39	1,00	0,04	0,06	01

DEUX HANGARS

PERFORMANCES	DUREES	ECART TYPE
TEMPS D'ATTENTE TOTAL / AVION	692,20 Min	/
TEMPS D'ATTENTE QUOTIDIEN / AVION	3,70 Min	0,40
TEMPS D'ENTRETIEN TOTAL / AVION	15827,50 Min	/
TEMPS D'ENTRETIEN QUOTIDIEN/AVION	85,10 Min	1,00

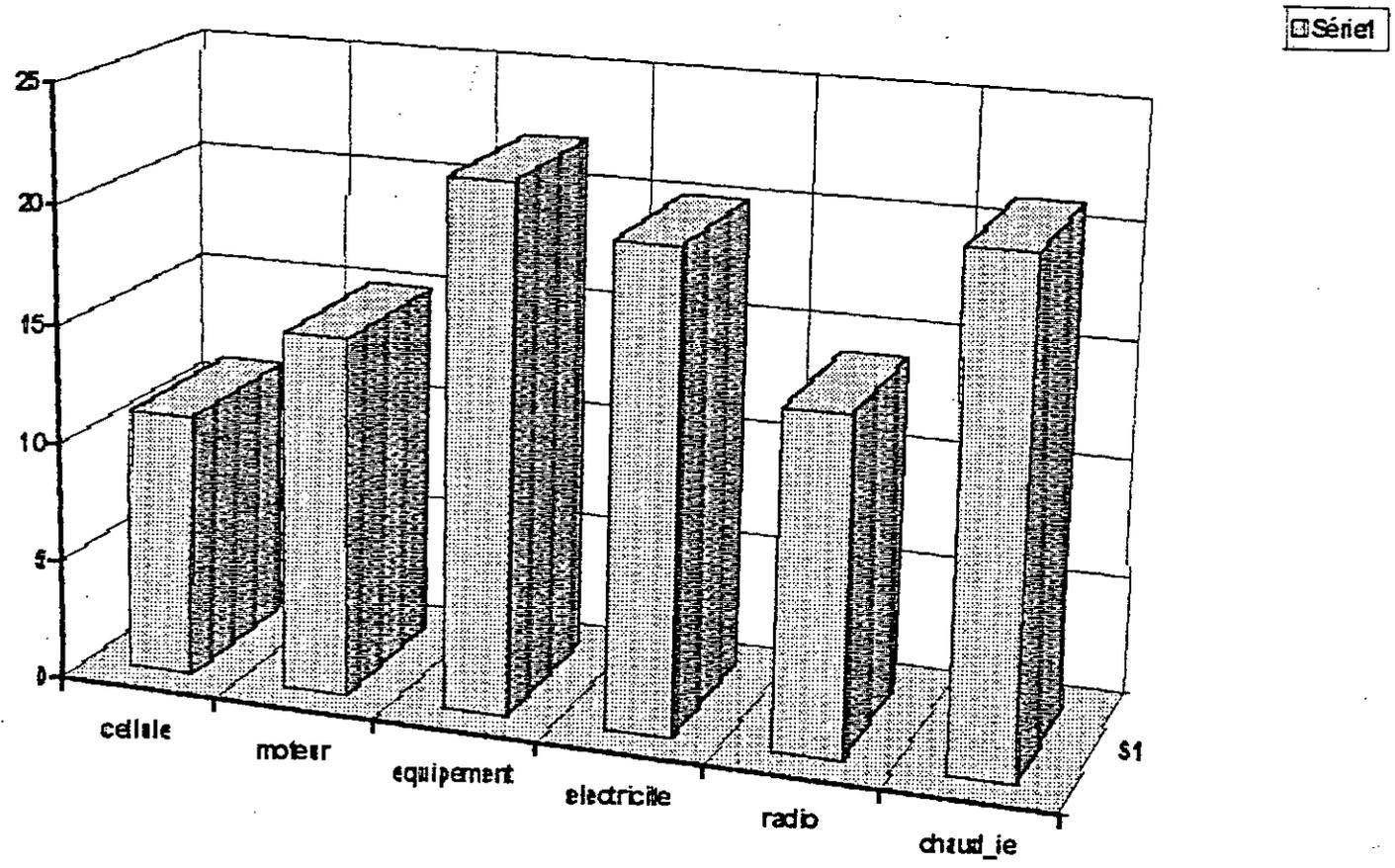
QUALIFICATION 8727 - 8737	CRENEAU 1				CRENEAU 2				CRENEAU 3			
	SPECIALITE	SOLUTION	BESOINS QUOT.	CHARGES QUOT.	TAUX ACTIV (%)	SOLUTION	BESOINS QUOT.	CHARGES QUOT.	TAUX ACTIV. (%)	SOLUTION	BESOINS QUOT.	CHARGES QUOT.
CELLULE	9,00	2,68	36,93	09	5,00	3,63	45,97	20	0,00	0,00	0,00	00
MOTEUR	6,00	2,55	16,11	11	5,00	2,95	23,26	19	0,00	0,00	0,00	00
EQUIPEMENT	4,00	2,42	16,75	12	4,00	2,87	26,61	19	0,00	0,00	0,00	00
ELECTRICITE	3,00	1,29	5,09	14	3,00	1,14	06,99	19	0,00	0,00	0,00	00
RADIO	3,00	1,24	4,13	10	2,00	1,06	06,54	24	0,00	0,00	0,00	00
CHAUDRONNERIE	2,00	1,10	2,84	12	2,00	1,06	04,51	19	0,00	0,00	0,00	00

TROIS HANGARS

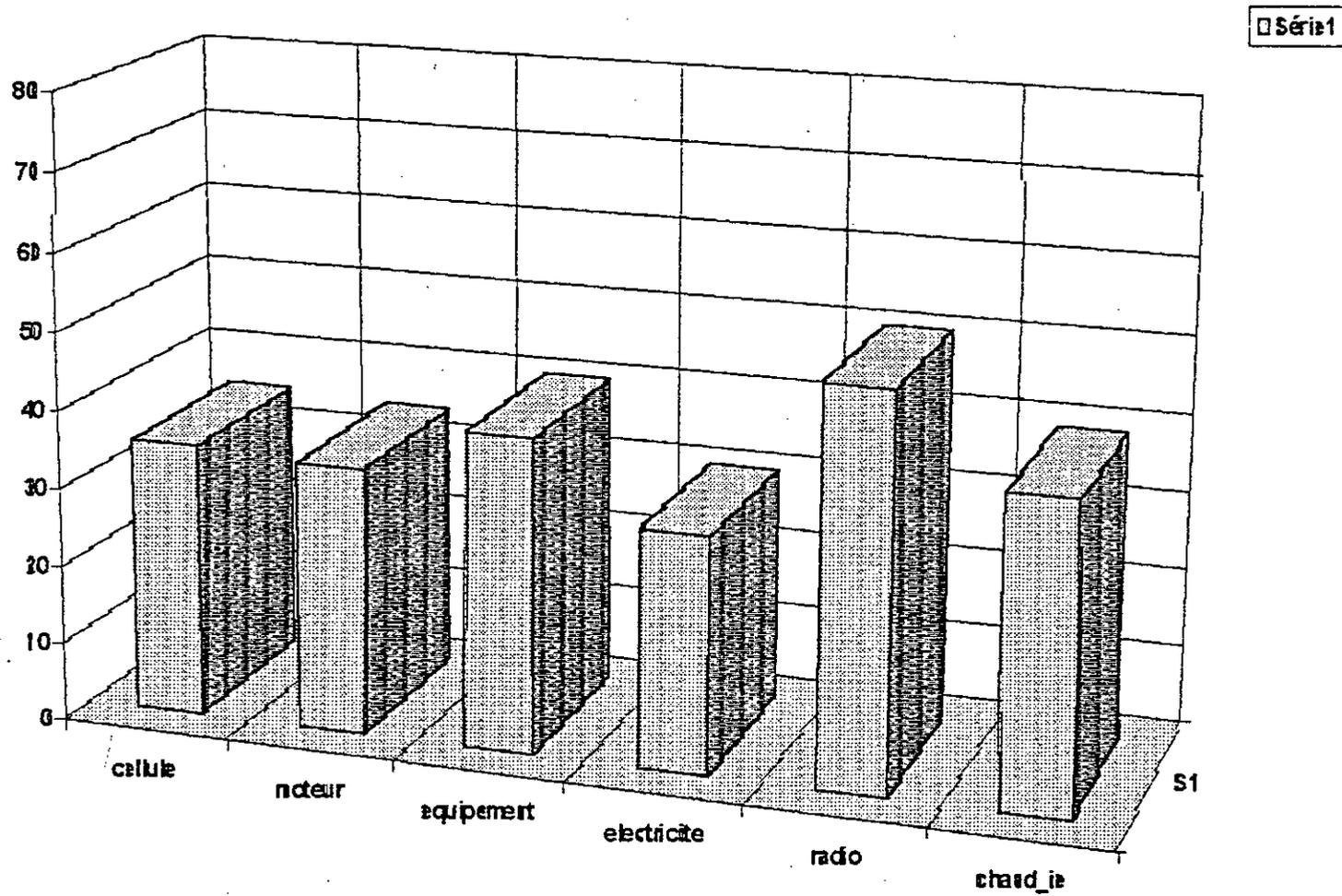
PERFORMANCES	DUREES	ECART TYPE
TEMPS D'ATTENTE TOTAL / AVION	438,30 Min	/
TEMPS D'ATTENTE QUOTIDIEN / AVION	02,40 Min	0,40
TEMPS D'ENTRETIEN TOTAL / AVION	15827,50 Min	/
TEMPS D'ENTRETIEN QUOTIDIEN/AVION	85,10 Min	1,00

QUALIFICATION 8727 - 8737	CRENEAU 1				CRENEAU 2				CRENEAU 3			
SPECIALITE	SOLUTION	BESOINS QUOT.	CHARGES QUOT.	TAUX ACTIV (%)	SOLUTION	BESOINS QUOT.	CHARGES QUOT.	TAUX ACTIV. (%)	SOLUTION	BESOINS QUOT.	CHARGES QUOT.	TAUX ACTIV. (%)
CELLULE	11,00	2,68	36,93	07	7,00	4,03	45,97	14	0,00	0,00	0,00	00
MOTEUR	06,00	2,55	16,11	11	7,00	3,13	23,26	14	0,00	0,00	0,00	00
EQUIPEMENT	04,00	2,43	16,75	12	6,00	3,06	26,61	13	0,00	0,00	0,00	00
ELECTRICITE	03,00	1,29	5,09	14	3,00	1,23	06,99	19	0,00	0,00	0,00	00
RADIO	03,00	1,24	4,13	10	2,00	1,16	06,54	24	0,00	0,00	0,00	00
CHAUDRONNERIE	02,00	1,10	2,84	12	2,00	1,16	04,51	19	0,00	0,00	0,00	00

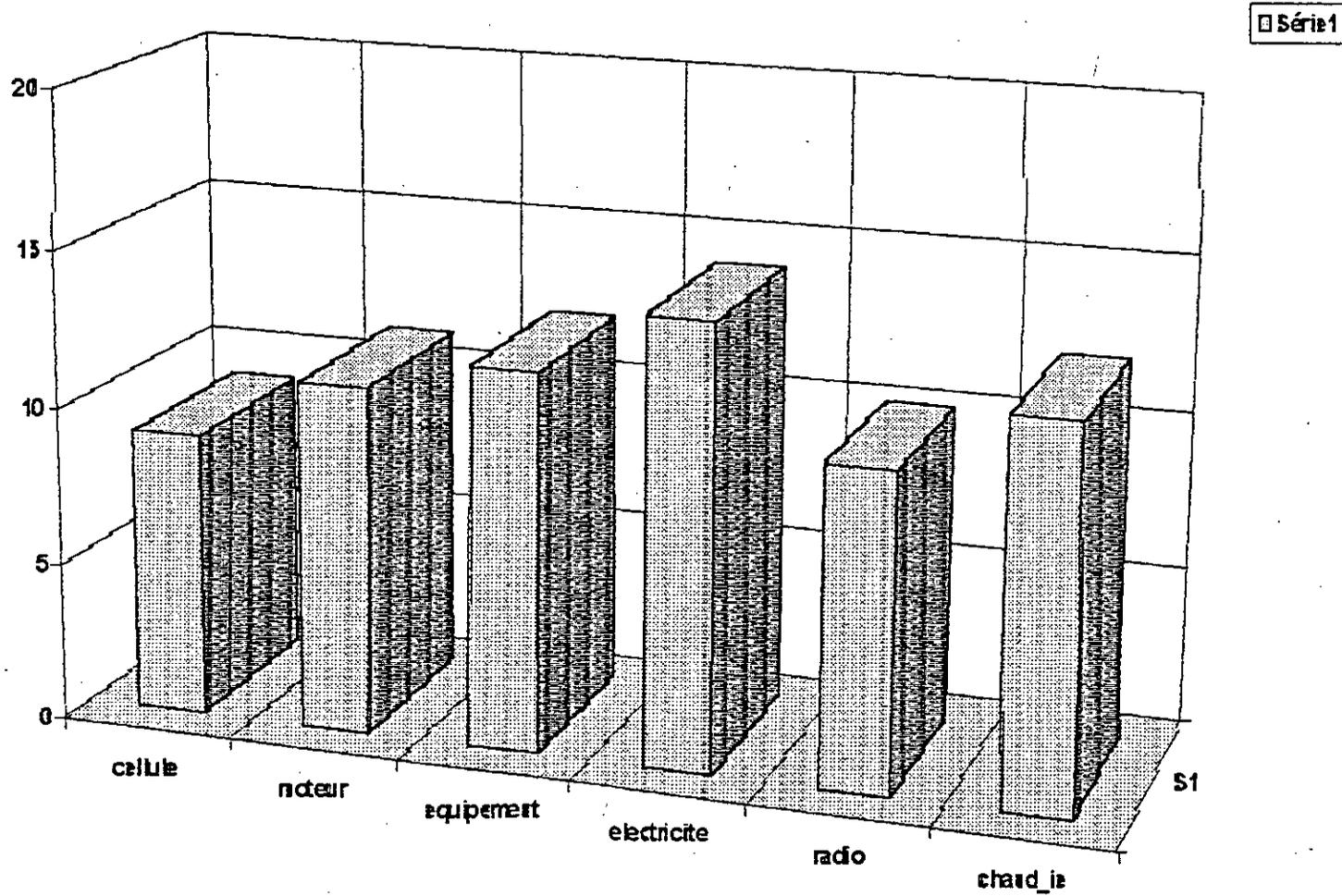
taux d'activité (%)  
polyvalence 27\_37(1 bangar)  
creneau 1(sans aleas)



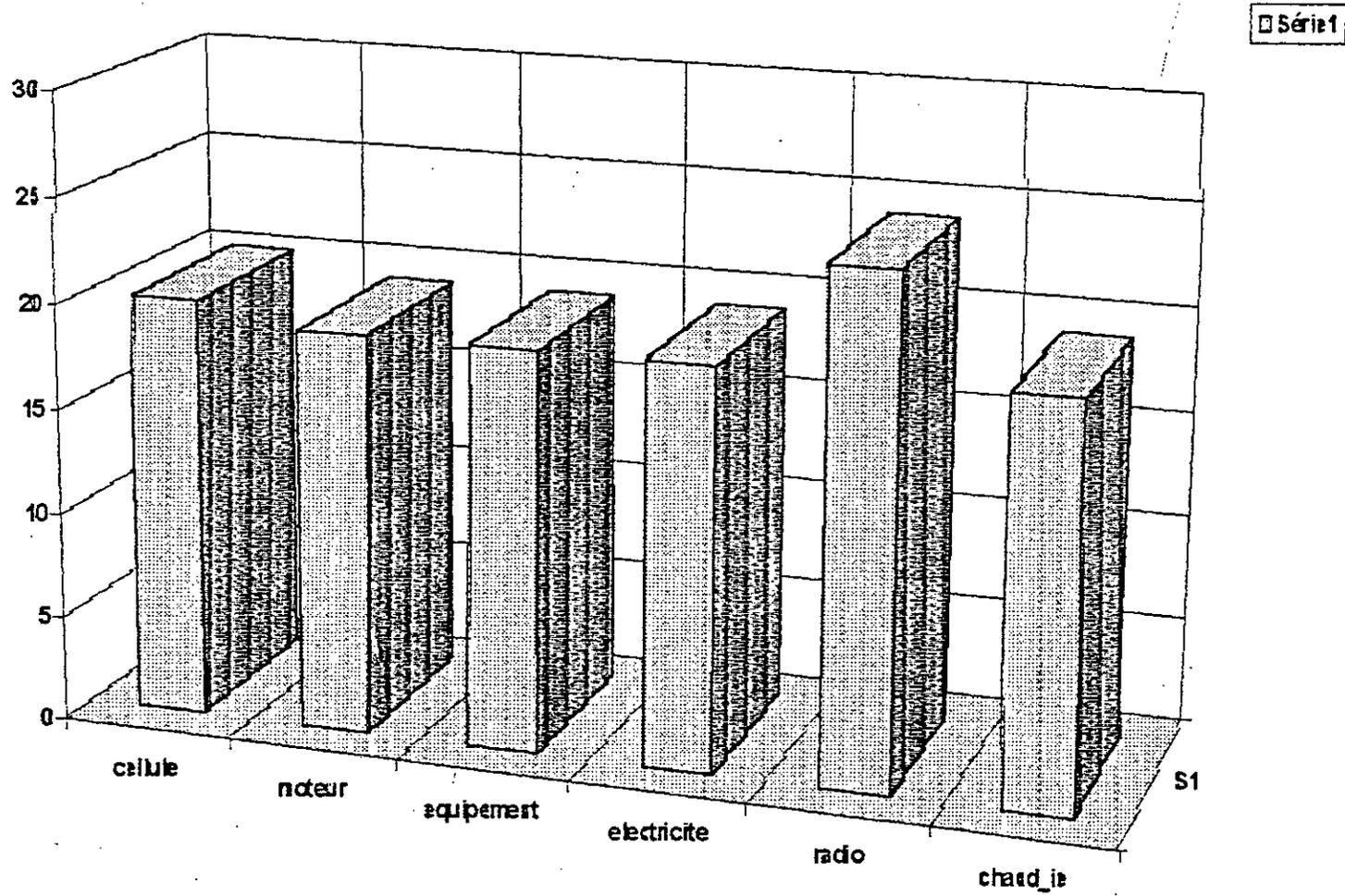
taux d'activite (%)  
polyvalence 27\_31(1 hangar)  
creneau 9(sans aleas)



taux d'activité (%)  
polyvalence 27\_37(2 bangar)  
creneau 1(sans aléas)

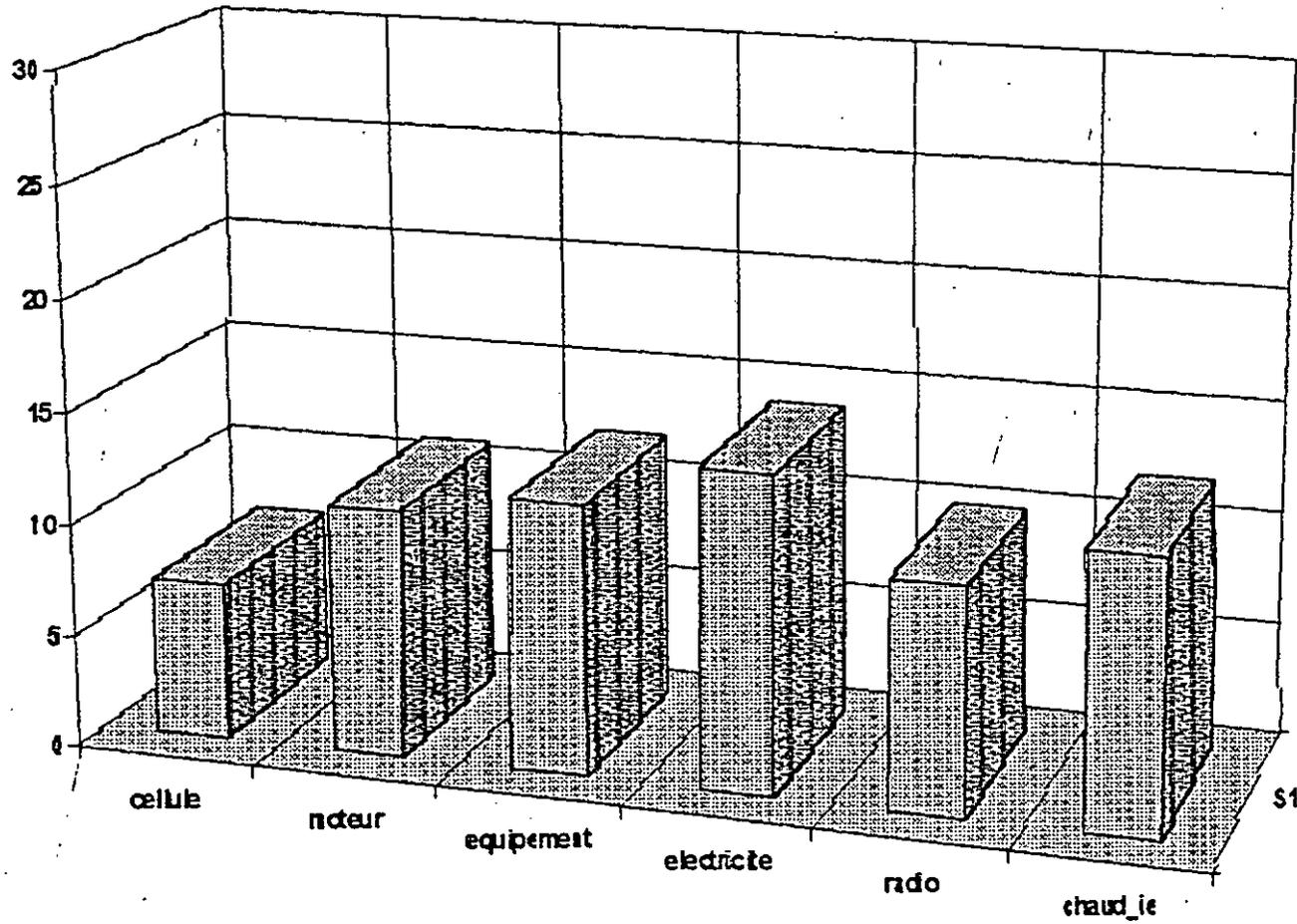


taux d'activite (%)  
polyvalence 27\_37(2 hangar)  
creneau 2(sans aleas)



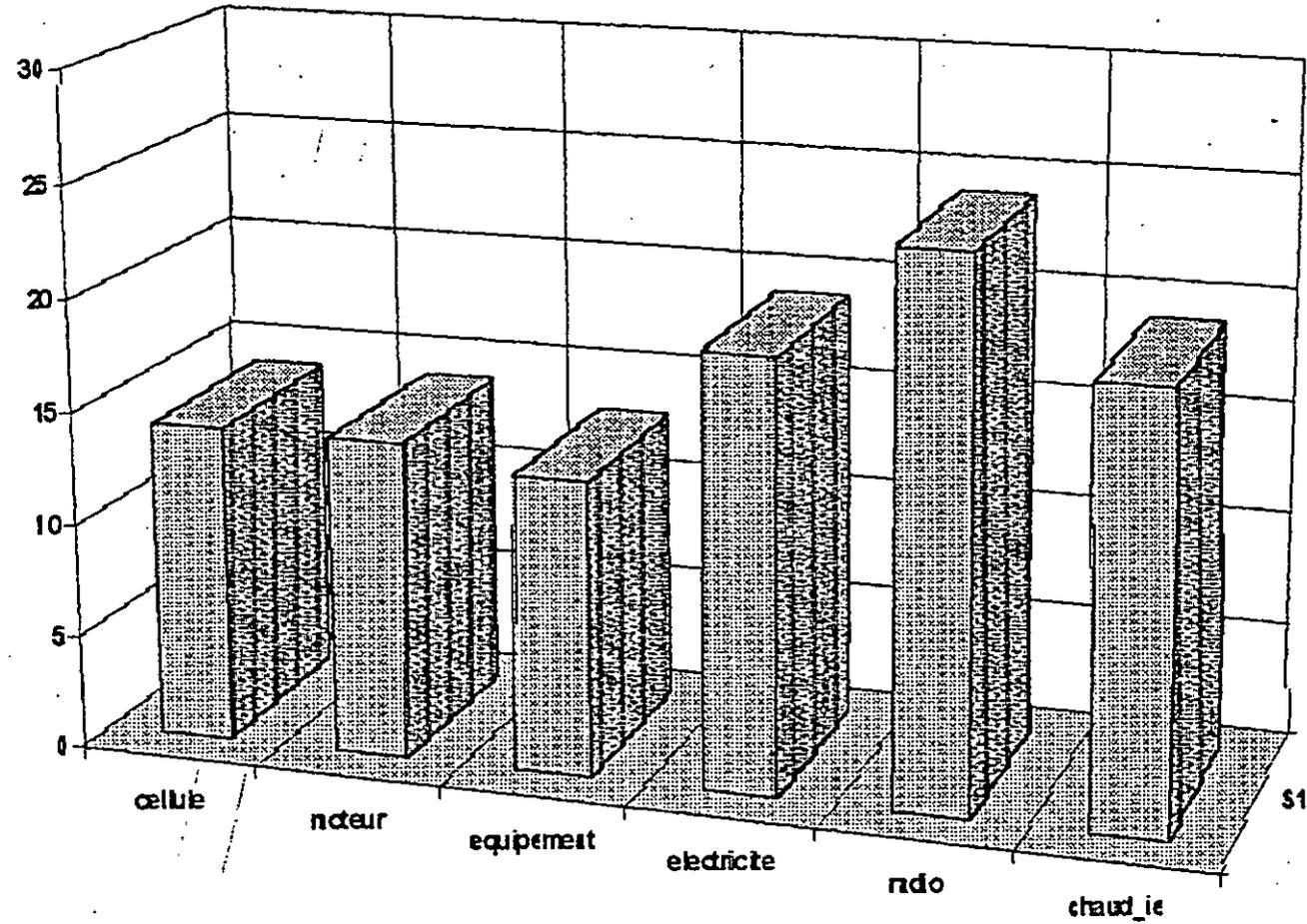
taux d'activité (%)  
polyvalence 27\_37(3 bangar)  
creneau 1(sans axes)

Série1



taux d'activité (%)  
polyvalence 27\_31(3 langar)  
creneau 2(sans aléas)

■ Série1



SCENARIO N° 6 :

SOLUTION POUR UN, DEUX, ET TROIS HANGARS  
AVEC GENERATION D'ALEAS DANS LE CAS D'UNE POLYVALENCE  
DES TECHNICIENS.

UN HANGAR

PERFORMANCES	DUREES	ECART TYPE
TEMPS D'ATTENTE TOTAL / AVION	4368,60 Min	/
TEMPS D'ATTENTE QUOTIDIEN / AVION	23,50 Min	0,30
TEMPS D'ENTRETIEN TOTAL / AVION	15086,30 Min	/
TEMPS D'ENTRETIEN QUOTIDIEN/AVION	81,10 Min	0,20

QUALIFICATION 8727 - B737	CRENEAU 1				CRENEAU 2				CRENEAU 3			
	SPECIALITE	SOLUTION	BESOINS QUOT.	CHARGES QUOT.	TAUX ACTIV (%)	SOLUTION	BESOINS QUOT.	CHARGES QUOT.	TAUX ACTIV. (%)	SOLUTION	BESOINS QUOT.	CHARGES QUOT.
CELLULE	7,00	1,99	32,34	10	3,00	2,08	49,05	36	2,30	0,16	1,30	01
MOTEUR	4,00	1,88	13,88	14	3,00	2,08	24,94	34	2,30	0,16	0,56	01
EQUIPEMENT	2,00	1,76	14,19	21	2,00	2,00	28,40	41	2,00	0,16	0,73	01
ELECTRICITE	2,00	0,96	04,40	18	2,00	1,08	07,57	32	1,30	0,08	0,16	01
RADIO	2,00	0,92	03,47	13	1,00	1,00	07,04	52	1,00	0,08	0,15	01
CHAUDRONNERIE	1,00	0,88	02,40	20	1,00	1,00	04,82	40	1,00	0,08	0,13	01

LA SOLUTION PAR INTERVALLES DE CONFIANCE

AVEC LE RISQUE DE 10 %

/ 1 HANGAR /

*QUALIF b27_37 *	CRENEAU 1	CRENEAU 2	CRENEAU 3
CELLULE	7.00 +/- 0.00	3.00 +/- 0.00	2.30 +/- 0.11
MOTEUR	4.00 +/- 0.00	3.00 +/- 0.00	2.30 +/- 0.11
EQUIPEMENT	2.00 +/- 0.00	2.00 +/- 0.00	2.00 +/- 0.00
ELECTRICITE	2.00 +/- 0.00	2.00 +/- 0.00	1.30 +/- 0.11
RADIO	2.00 +/- 0.00	1.00 +/- 0.00	1.00 +/- 0.00
CHAUDRO..	1.00 +/- 0.00	1.00 +/- 0.00	1.00 +/- 0.00

\*\*\*\*\*

LA SOLUTION PAR INTERVALLES DE CONFIANCE

AVEC LE RISQUE DE 05 %

/ 1 HANGAR /

*QUALIF b27_37 *	CRENEAU 1	CRENEAU 2	CRENEAU 3
CELLULE	7.00 +/- 0.00	3.00 +/- 0.00	2.30 +/- 0.13
MOTEUR	4.00 +/- 0.00	3.00 +/- 0.00	2.30 +/- 0.13
EQUIPEMENT	2.00 +/- 0.00	2.00 +/- 0.00	2.00 +/- 0.00
ELECTRICITE	2.00 +/- 0.00	2.00 +/- 0.00	1.30 +/- 0.13
RADIO	2.00 +/- 0.00	1.00 +/- 0.00	1.00 +/- 0.00
CHAUDRO..	1.00 +/- 0.00	1.00 +/- 0.00	1.00 +/- 0.00

DEUX HANGARS

PERFORMANCES	DUREES	ECART TYPE
TEMPS D'ATTENTE TOTAL / AVION	1010,10 Min	/
TEMPS D'ATTENTE QUOTIDIEN / AVION	5,40 Min	0,10
TEMPS D'ENTRETIEN TOTAL / AVION	15086,30 Min	/
TEMPS D'ENTRETIEN QUOTIDIEN/AVION	81,10 Min	0,20

QUALIFICATION B727 - B737	C R E N E A U 1				C R E N E A U 2				C R E N E A U 3			
	SPECIALITE	SOLUTION	BESOINS QUOT.	CHARGES QUOT.	TAUX ACTIV (%)	SOLUTION	BESOINS QUOT.	CHARGES QUOT.	TAUX ACTIV. (%)	SOLUTION	BESOINS QUOT.	CHARGES QUOT.
CELLULE	9,00	2,38	34,06	08	5,00	3,48	48,75	21	1,55	0,01	0,13	00
MOTEUR	6,00	2,18	14,68	10	5,00	2,88	24,59	20	1,55	0,01	0,05	00
EQUIPEMENT	4,00	2,06	15,27	11	4,00	2,88	28,02	20	1,30	0,01	0,04	00
ELECTRICITE	3,00	1,08	04,64	13	3,00	1,29	07,43	21	0,90	0,01	0,02	00
RADIO	3,00	1,02	03,73	09	2,00	1,19	06,93	26	0,65	0,00	0,01	00
CHAUDRONNERIE	2,00	0,93	02,59	11	2,00	1,12	04,76	20	0,65	0,00	0,01	00

LA SOLUTION PAR INTERVALLES DE CONFIANCE

AVEC LE RISQUE DE 10 %

/ 2 HANGAR /

*QUALIF b27_37 *	* CRENEAU 1 *	* CRENEAU 2 *	* CRENEAU 3 *
* CELLULE *	* 9.00 +/- 0.00 *	* 5.00 +/- 0.00 *	* 1.55 +/- 0.31 *
* MOTEUR *	* 6.00 +/- 0.00 *	* 5.00 +/- 0.00 *	* 1.55 +/- 0.31 *
* EQUIPEMENT *	* 4.00 +/- 0.00 *	* 4.00 +/- 0.00 *	* 1.30 +/- 0.24 *
* ELECTRICITE *	* 3.00 +/- 0.00 *	* 3.00 +/- 0.00 *	* 0.90 +/- 0.19 *
* RADIO *	* 3.00 +/- 0.00 *	* 2.00 +/- 0.00 *	* 0.65 +/- 0.12 *
* CHAUDRO.. *	* 2.00 +/- 0.00 *	* 2.00 +/- 0.00 *	* 0.65 +/- 0.12 *

\*\*\*\*\*

LA SOLUTION PAR INTERVALLES DE CONFIANCE

AVEC LE RISQUE DE 05 %

/ 2 HANGAR /

*QUALIF b27_37 *	* CRENEAU 1 *	* CRENEAU 2 *	* CRENEAU 3 *
* CELLULE *	* 9.00 +/- 0.00 *	* 5.00 +/- 0.00 *	* 1.55 +/- 0.36 *
* MOTEUR *	* 6.00 +/- 0.00 *	* 5.00 +/- 0.00 *	* 1.55 +/- 0.36 *
* EQUIPEMENT *	* 4.00 +/- 0.00 *	* 4.00 +/- 0.00 *	* 1.30 +/- 0.29 *
* ELECTRICITE *	* 3.00 +/- 0.00 *	* 3.00 +/- 0.00 *	* 0.90 +/- 0.23 *
* RADIO *	* 3.00 +/- 0.00 *	* 2.00 +/- 0.00 *	* 0.65 +/- 0.14 *
* CHAUDRO.. *	* 2.00 +/- 0.00 *	* 2.00 +/- 0.00 *	* 0.65 +/- 0.14 *

TROIS HANGARS

PERFORMANCES	DUREES	ECART TYPE
TEMPS D'ATTENTE TOTAL / AVION	824,80 Min	/
TEMPS D'ATTENTE QUOTIDIEN / AVION	04,40 Min	0,10
TEMPS D'ENTRETIEN TOTAL / AVION	15122,70 Min	/
TEMPS D'ENTRETIEN QUOTIDIEN/AVION	81,30 Min	0,20

QUALIFICATION 8727 - 8737	C R E N E A U 1				C R E N E A U 2				C R E N E A U 3			
	SPECIALITE	SOLUTION	BESOINS QUOT.	CHARGES QUOT.	TAUX ACTIV (%)	SOLUTION	BESOINS QUOT.	CHARGES QUOT.	TAUX ACTIV. (%)	SOLUTION	BESOINS QUOT.	CHARGES QUOT.
CELLULE	10,60	2,39	34,06	07	7,00	3,78	48,76	15	1,38	0,01	0,13	00
MOTEUR	06,05	2,18	14,71	10	6,53	2,98	24,63	16	1,38	0,01	0,04	00
EQUIPEMENT	04,00	2,05	15,24	11	6,00	3,02	28,03	14	1,15	0,01	0,04	00
ELECTRICITE	03,00	1,08	04,62	13	3,10	1,33	07,44	20	0,80	0,01	0,01	00
RADIO	03,00	1,02	03,72	09	2,67	1,23	06,95	19	0,58	0,00	0,01	00
CHAUDRONNERIE	02,00	0,92	02,57	11	2,35	1,15	04,76	17	0,58	0,00	0,01	00

Comparable au scénario 5, les aléas ne provoquant que de faibles variations dans le dimensionnement.

LA SOLUTION PAR INTERVALLES DE CONFIANCE

AVEC LE RISQUE DE 10 %

/ 3 HANGAR /

*QUALIF b27_37 *	* CRENEAU 1 *	* CRENEAU 2 *	* CRENEAU 3 *
* CELLULE *	* 10.60+/- 0.20 *	* 7.00 +/- 0.00 *	* 1.38 +/- 0.31 *
* MOTEUR *	* 6.05 +/- 0.08 *	* 6.53 +/- 0.13 *	* 1.38 +/- 0.31 *
* EQUIPEMENT *	* 4.00 +/- 0.00 *	* 6.00 +/- 0.00 *	* 1.15 +/- 0.25 *
* ELECTRICITE *	* 3.00 +/- 0.00 *	* 3.10 +/- 0.08 *	* 0.80 +/- 0.19 *
* RADIO *	* 3.00 +/- 0.00 *	* 2.67 +/- 0.12 *	* 0.58 +/- 0.12 *
* CHAUDRO.. *	* 2.00 +/- 0.00 *	* 2.35 +/- 0.12 *	* 0.58 +/- 0.12 *

\*\*\*\*\*

LA SOLUTION PAR INTERVALLES DE CONFIANCE

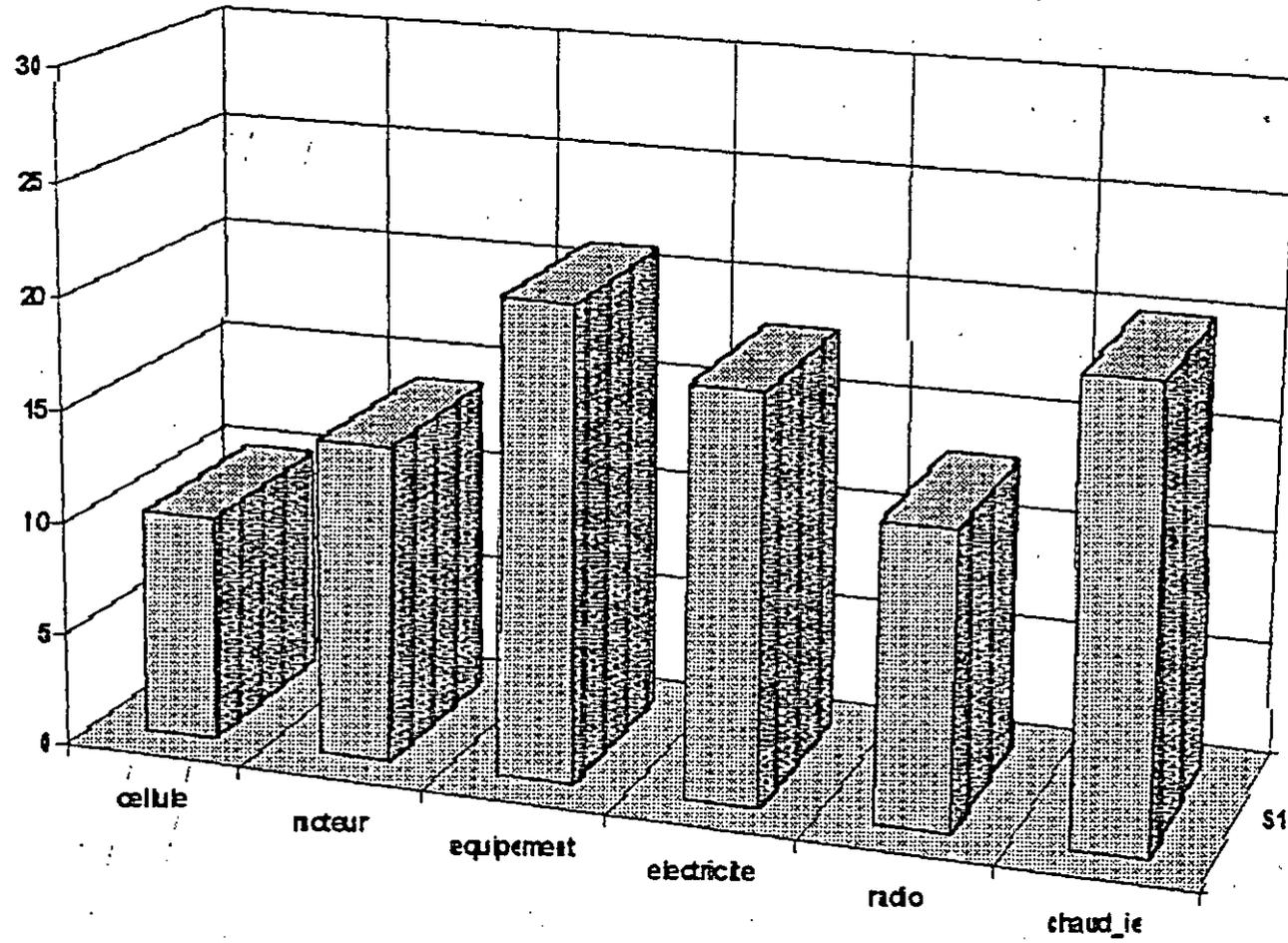
AVEC LE RISQUE DE 05 %

/ 3 HANGAR /

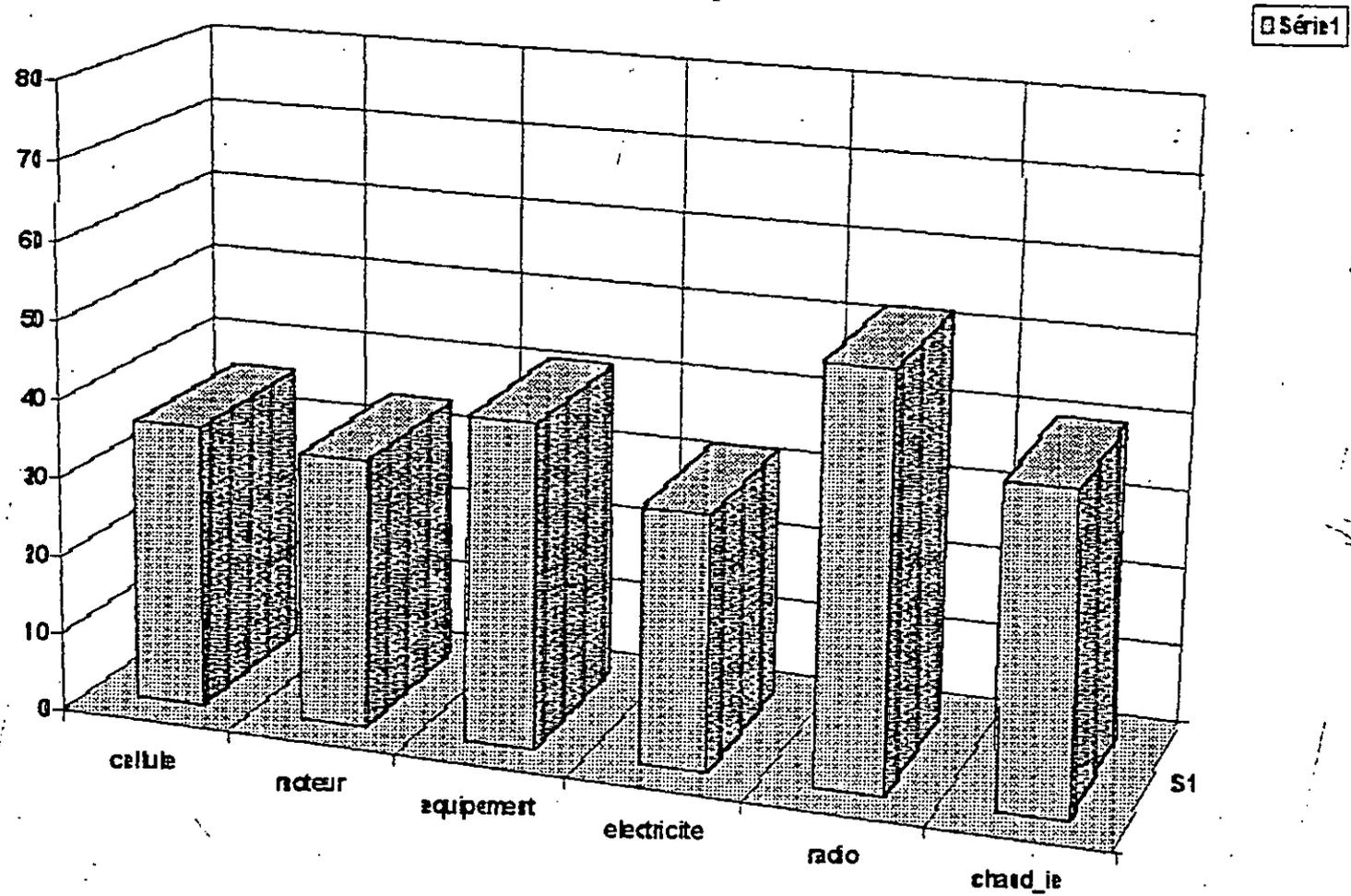
*QUALIF b27_37 *	* CRENEAU 1 *	* CRENEAU 2 *	* CRENEAU 3 *
* CELLULE *	* 10.60+/- 0.24 *	* 7.00 +/- 0.00 *	* 1.38 +/- 0.37 *
* MOTEUR *	* 6.05 +/- 0.10 *	* 6.53 +/- 0.15 *	* 1.38 +/- 0.37 *
* EQUIPEMENT *	* 4.00 +/- 0.00 *	* 6.00 +/- 0.00 *	* 1.15 +/- 0.30 *
* ELECTRICITE *	* 3.00 +/- 0.00 *	* 3.10 +/- 0.09 *	* 0.80 +/- 0.23 *
* RADIO *	* 3.00 +/- 0.00 *	* 2.67 +/- 0.14 *	* 0.58 +/- 0.15 *
* CHAUDRO.. *	* 2.00 +/- 0.00 *	* 2.35 +/- 0.14 *	* 0.58 +/- 0.15 *

taux d'activité (%)  
polyvalence 27\_37(1 hangar)  
creneau 1(avec aleas)

Série 1

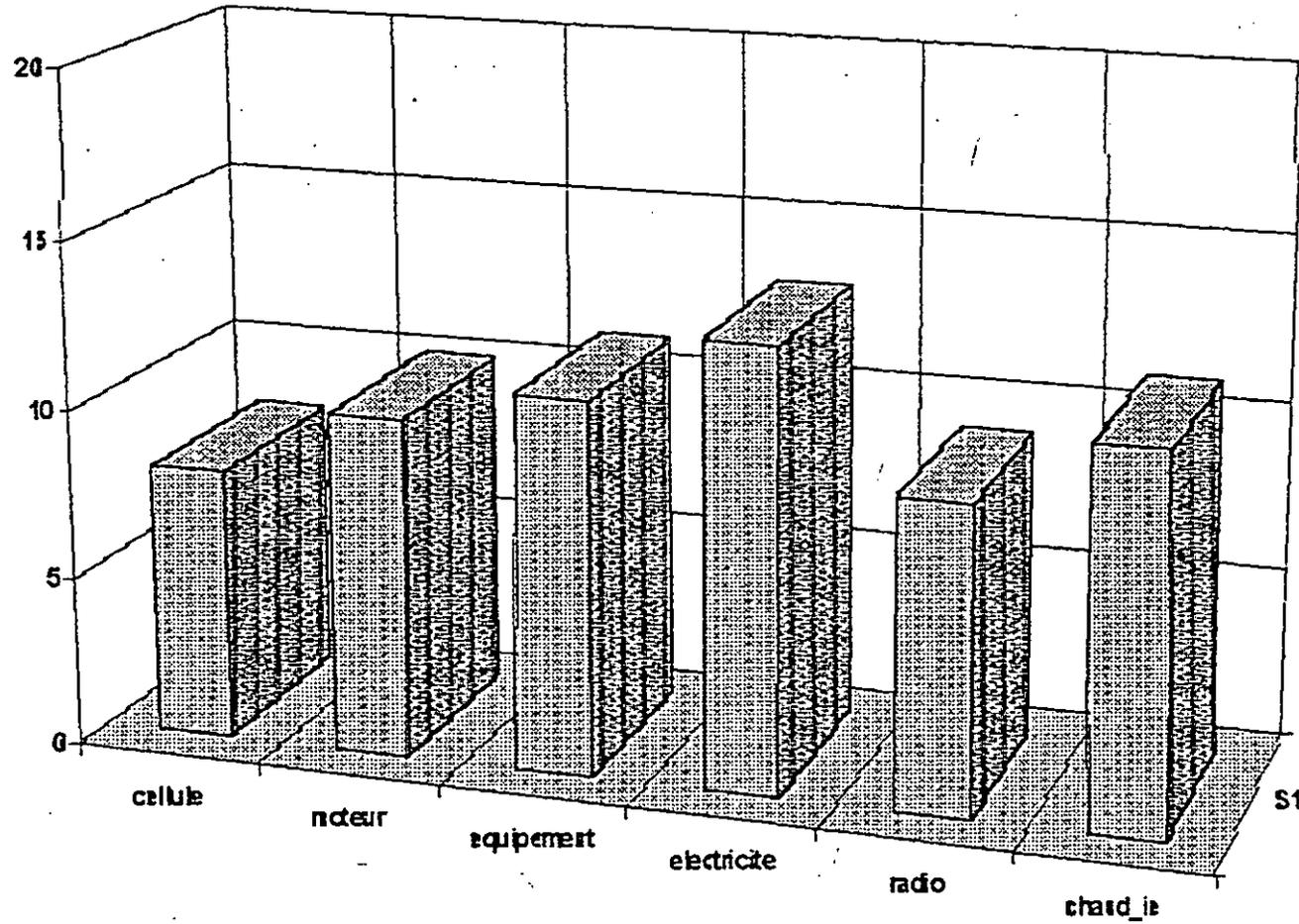


taux d'activité (%)  
polyvalence 27\_31(1 bangar)  
creneau 2(avec alas)

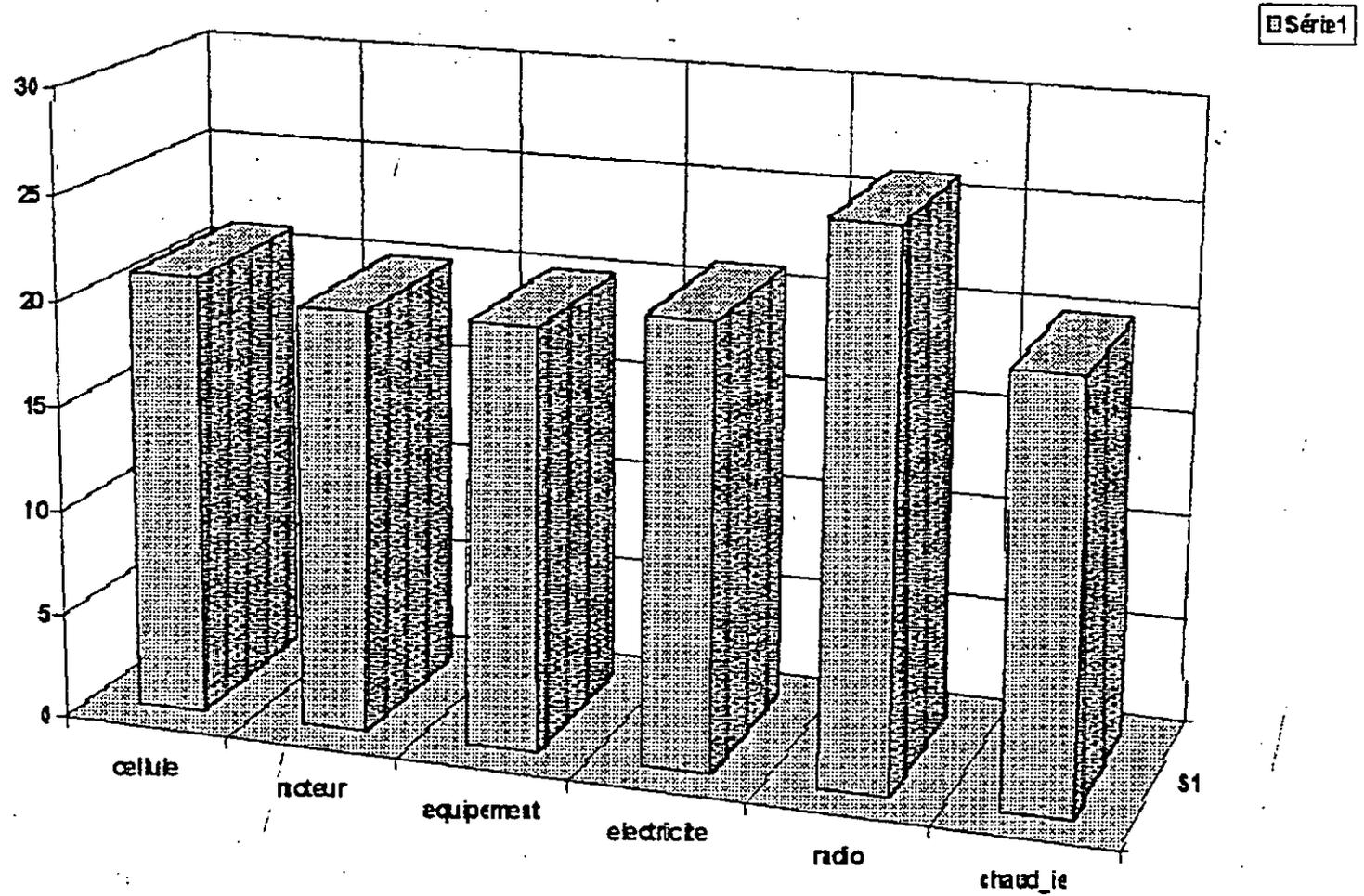


taux d'activite (%)  
polyvalence 27\_37(2 hangar)  
creneau 1(avec alas)

□ Série1

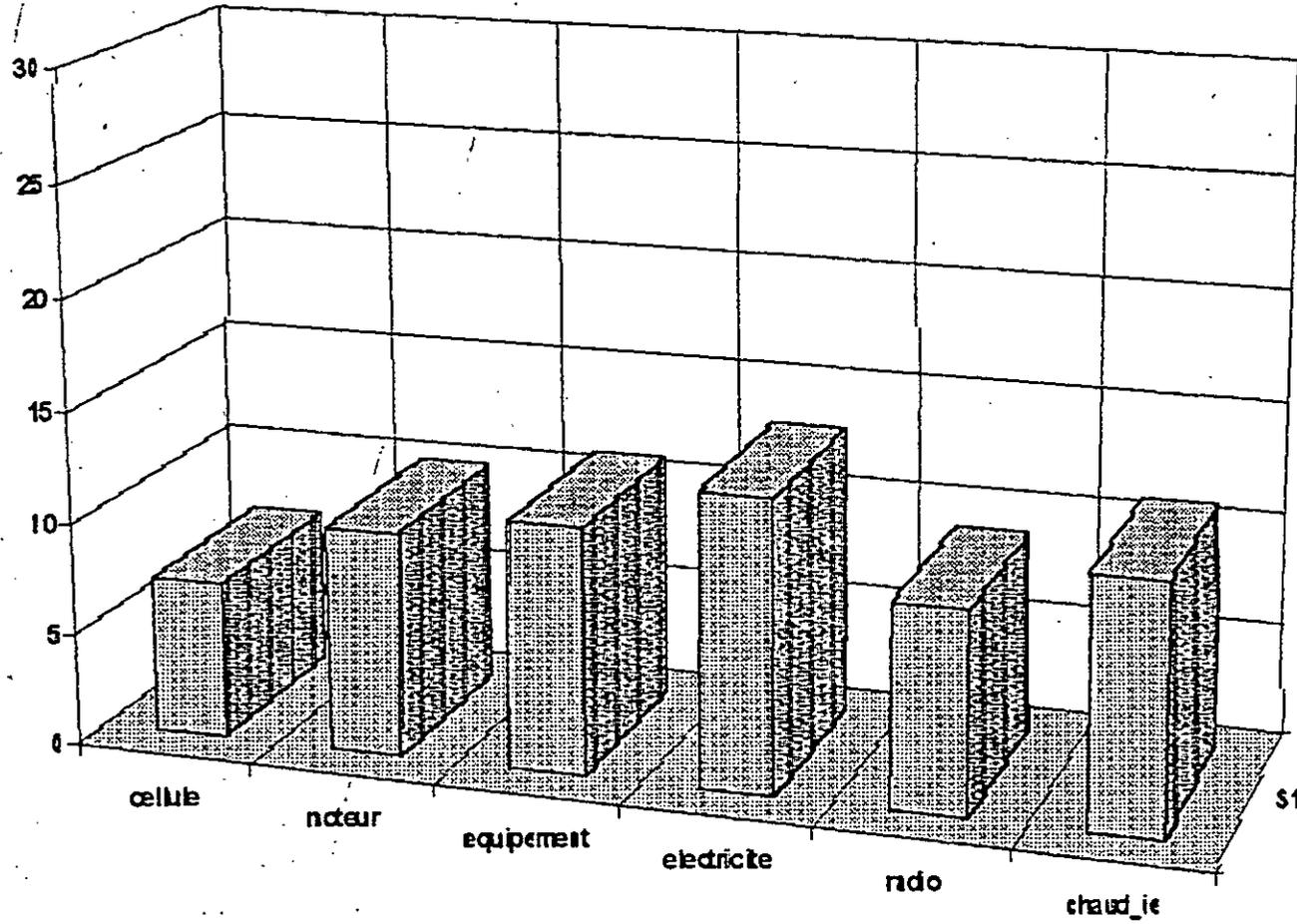


taux d'activité (%)  
polyvalence 27\_37(2 hangar)  
creneau 2(avec aleas)



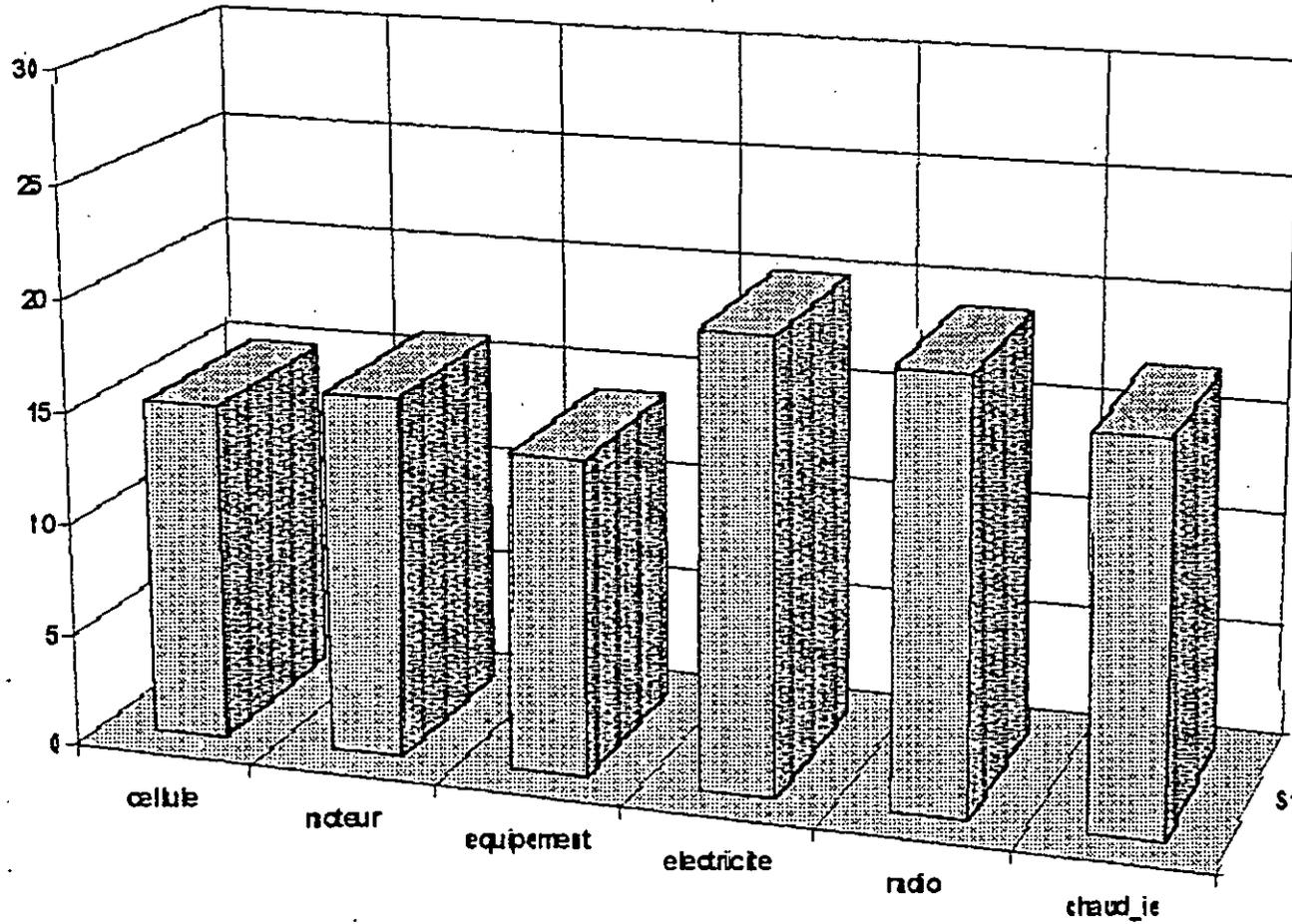
taux d'activite (%)  
polyvalence 27\_37(3 hangar)  
creneau 1(avec aleas)

Série1



taux d'activite (%)  
polyvalence 27\_31(3 hangar)  
creneau 2(avec aleas)

Série1



SCENARIO N° 7 :

SOLUTION POUR UN, DEUX, ET TROIS HANGARS APRES LISSAGE  
AVEC GENERATION D'ALEAS DANS LE CAS D'UNE POLYVALENCE  
DES TECHNICIENS.

UN HANGAR

RISQUE = 0,002 %

PERFORMANCES	DUREES	ECART TYPE
TEMPS D'ATTENTE TOTAL / AVION	7187,60 Min	/
TEMPS D'ATTENTE QUOTIDIEN / AVION	38,60 Min	0,40
TEMPS D'ENTRETIEN TOTAL / AVION	18537,80 Min	/
TEMPS D'ENTRETIEN QUOTIDIEN/AVION	99,70 Min	0,20

QUALIFICATION B727 - B737	C R E N E A U 1		C R E N E A U 2		C R E N E A U 3	
	SOLUTION	TAUX ACTIV (%)	SOLUTION	TAUX ACTIV (%)	SOLUTION	TAUX ACTIV (%)
CELLULE	6,00	11	2,00	51	2,00	06
MOTEUR	3,00	18	2,00	50	2,00	05
EQUIPEMENT	1,00	37	1,00	80	1,00	09
ELECTRICITE	1,00	34	1,00	61	1,00	06
RADIO	1,00	23	1,00	51	1,00	05
CHAUDRONNERIE	1,00	18	1,00	39	1,00	04

## DEUX HANGARS

RISQUE = 0,05 %

PERFORMANCES	DUREES	ECART TYPE
TEMPS D'ATTENTE TOTAL / AVION	1119,80 Min	/
TEMPS D'ATTENTE QUOTIDIEN / AVION	06,00 Min	0,10
TEMPS D'ENTRETIEN TOTAL / AVION	15691,60 Min	/
TEMPS D'ENTRETIEN QUOTIDIEN/AVION	84,40 Min	0,20

QUALIFICATION 8727 - 8737	CRENEAU 1		CRENEAU 2		CRENEAU 3	
	SOLUTION	TAUX ACTIV (%)	SOLUTION	TAUX ACTIV (%)	SOLUTION	TAUX ACTIV (%)
CELLULE	8,00	09	4,00	27	1,00	00
MOTEUR	5,00	12	4,00	26	1,00	00
EQUIPEMENT	3,00	15	3,00	27	1,00	00
ELECTRICITE	3,00	13	3,00	21	1,00	00
RADIO	3,00	09	2,00	26	1,00	00
CHAUDRONNERIE	2,00	11	2,00	20	1,00	00

RISQUE = 0,18 %

PERFORMANCES	DUREES	ECART TYPE
TEMPS D'ATTENTE TOTAL / AVION	1062,50 Min	/
TEMPS D'ATTENTE QUOTIDIEN / AVION	05,70 Min	0,10
TEMPS D'ENTRETIEN TOTAL / AVION	15664,90 Min	/
TEMPS D'ENTRETIEN QUOTIDIEN/AVION	84,20 Min	0,20

QUALIFICATION B727 - B737	CRENEAU 1		CRENEAU 2		CRENEAU 3	
SPECIALITE	SOLUTION	TAUX ACTIV (%)	SOLUTION	TAUX ACTIV (%)	SOLUTION	TAUX ACTIV (%)
CELLULE	8,00	09	4,00	26	0,00	00
MOTEUR	5,00	12	4,00	25	0,00	00
EQUIPEMENT	3,00	15	3,00	27	0,00	00
ELECTRICITE	3,00	13	3,00	21	0,00	00
RADIO	3,00	09	2,00	26	0,00	00
CHAUDRONNERIE	2,00	11	2,00	20	0,00	00

### TROIS HANGARS

RISQUE = 0,37 %

PERFORMANCES	DUREES	ECART TYPE
TEMPS D'ATTENTE TOTAL / AVION	826,20 Min	/
TEMPS D'ATTENTE QUOTIDIEN / AVION	04,40 Min	0,10
TEMPS D'ENTRETIEN TOTAL / AVION	15126,50 Min	/
TEMPS D'ENTRETIEN QUOTIDIEN/AVION	81,60 Min	0,20

QUALIFICATION B727 - B737	C R E N E A U 1		C R E N E A U 2		C R E N E A U 3	
SPECIALITE	SOLUTION	TAUX ACTIV (%)	SOLUTION	TAUX ACTIV (%)	SOLUTION	TAUX ACTIV (%)
CELLULE	9,00	08	6,00	18	1,00	00
MOTEUR	5,00	12	6,00	17	1,00	00
EQUIPEMENT	3,00	15	6,00	14	1,00	00
ELECTRICITE	3,00	13	3,00	21	1,00	00
RADIO	3,00	09	2,00	26	1,00	00
CHAUDRONNERIE	2,00	11	2,00	20	1,00	00

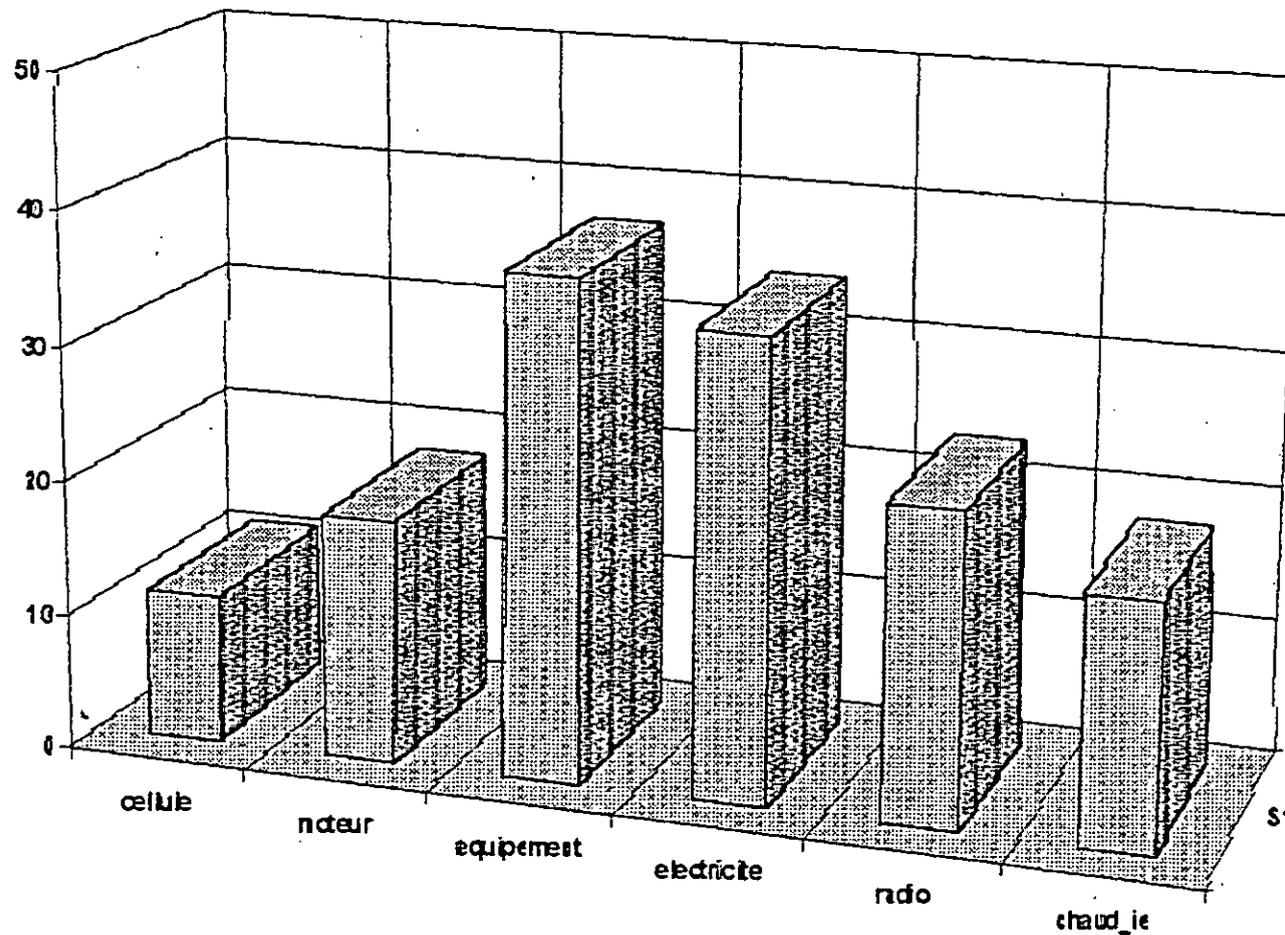
RISQUE = 0,41 %

PERFORMANCES	DUREES	ECART TYPE
TEMPS D'ATTENTE TOTAL / AVION	789,70 Min	/
TEMPS D'ATTENTE QUOTIDIEN / AVION	04,20 Min	0,10
TEMPS D'ENTRETIEN TOTAL / AVION	15126,80 Min	/
TEMPS D'ENTRETIEN QUOTIDIEN/AVION	81,60 Min	0,20

QUALIFICATION B727 - B737	C R E N E A U 1		C R E N E A U 2		C R E N E A U 3	
	SOLUTION	TAUX ACTIV (%)	SOLUTION	TAUX ACTIV (%)	SOLUTION	TAUX ACTIV (%)
CELLULE	9,00	08	6,00	18	0,00	00
MOTEUR	5,00	12	6,00	17	0,00	00
EQUIPEMENT	3,00	15	6,00	14	0,00	00
ELECTRICITE	3,00	13	3,00	21	0,00	00
RADIO	3,00	09	2,00	26	0,00	00
CHAUDRONNERIE	2,00	11	2,00	20	0,00	00

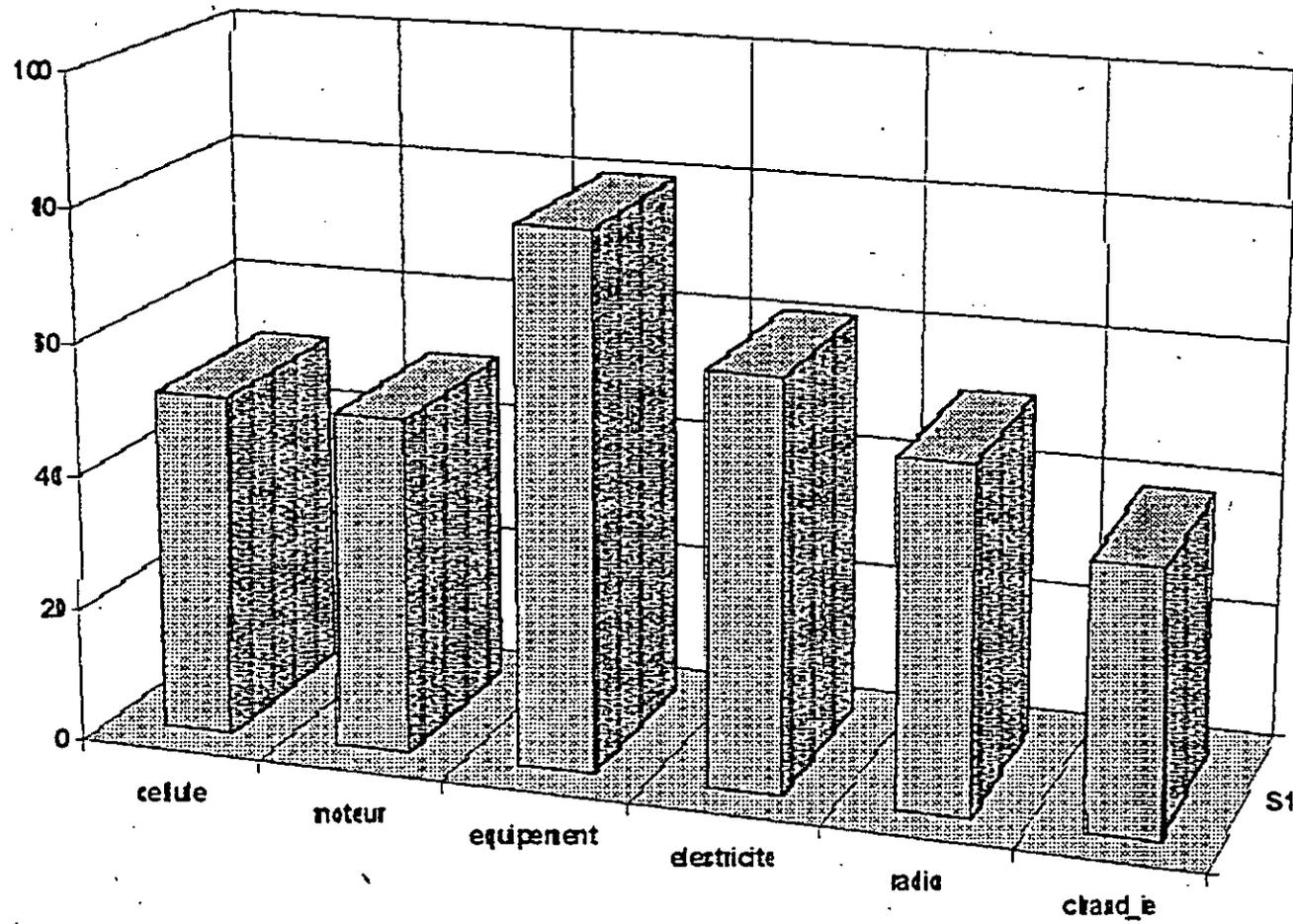
taux d'activité (%)  
polyvalence 27\_37 (1 hangar)  
creneau 1 (avec aleas) apres lissage

□ Série1



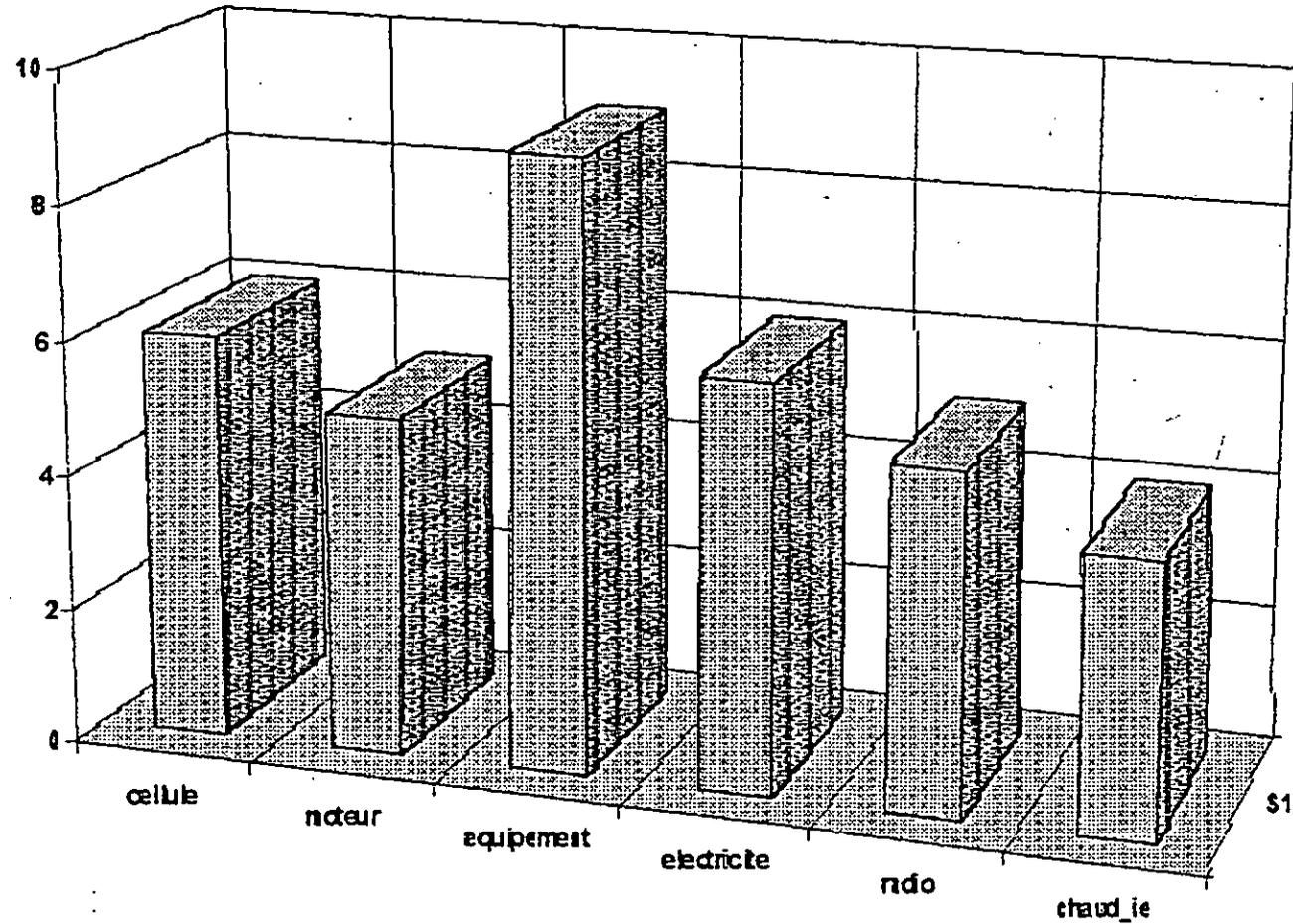
taux d'activite (%)  
polyvalence 27\_37(1 hangar)  
creneau 2(avec aleas) apres lissage

Serie1



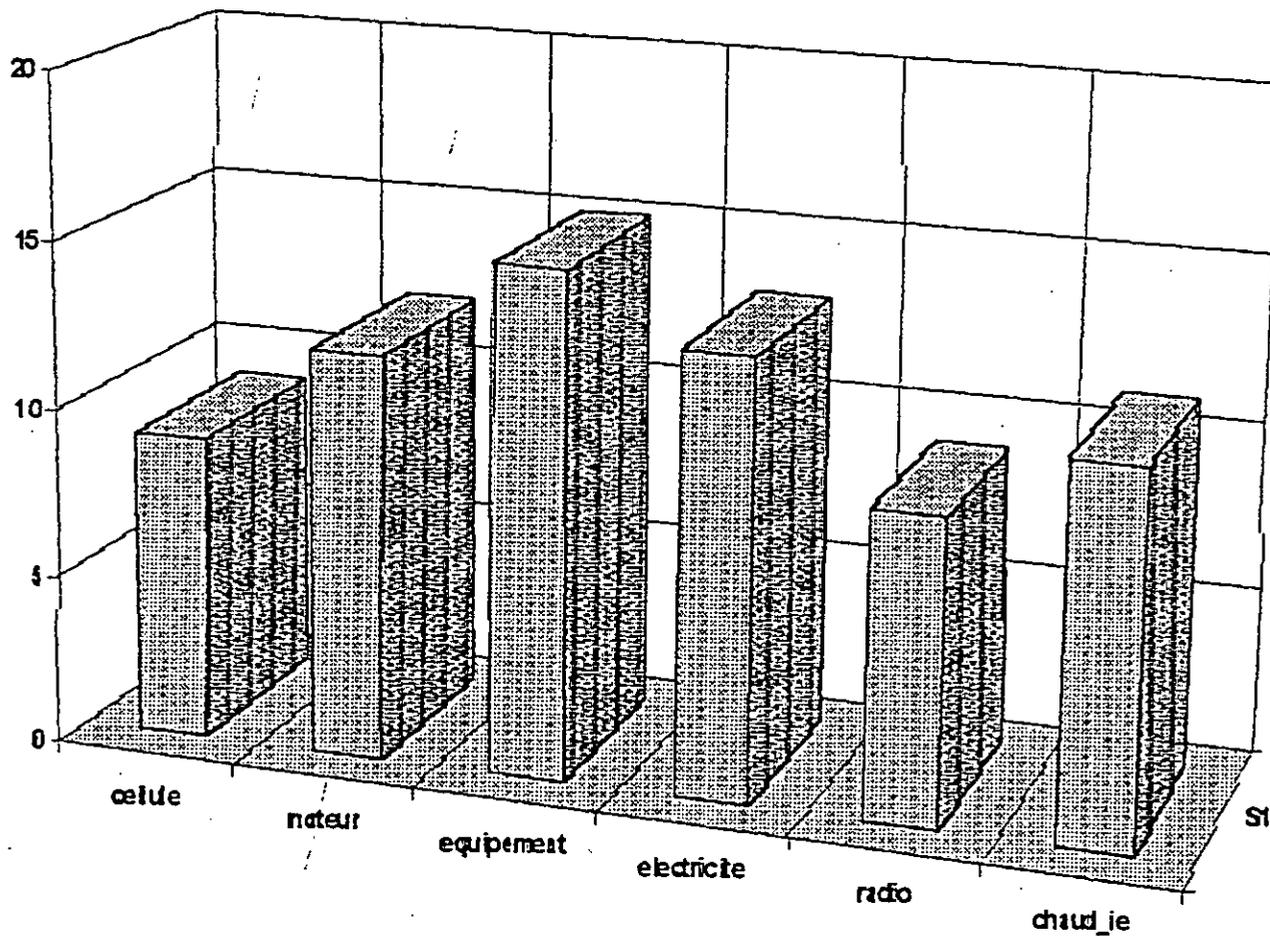
taux d'activité (%)  
polyvalence 27\_37(1 bangar)  
créneau 3(avec aleas) apres lissage

■ Série1



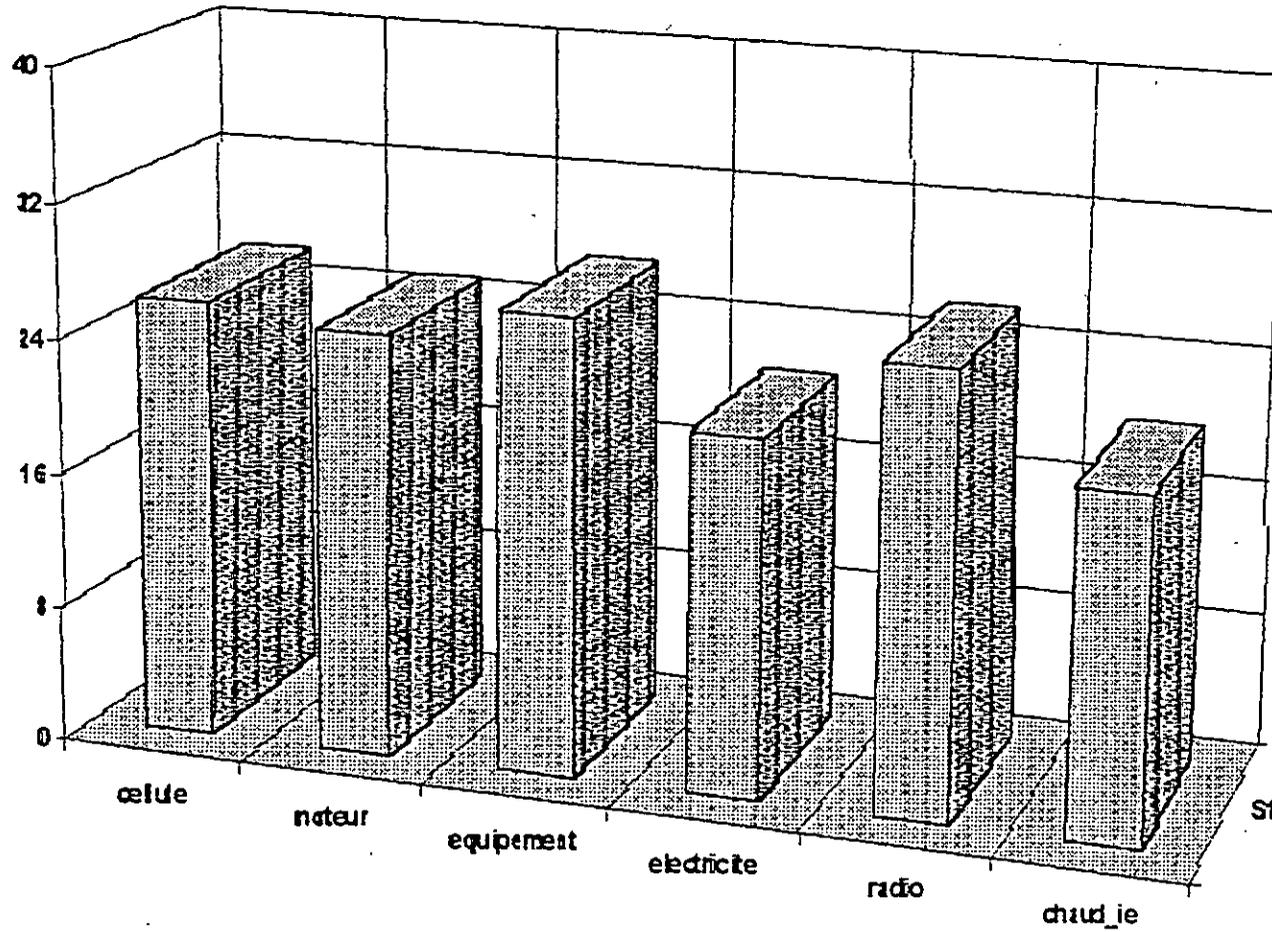
taux d'activite (%)  
polyvalence 27\_31(2 hangar)  
creneau 1(avec aleas) apres lissage

Serie1



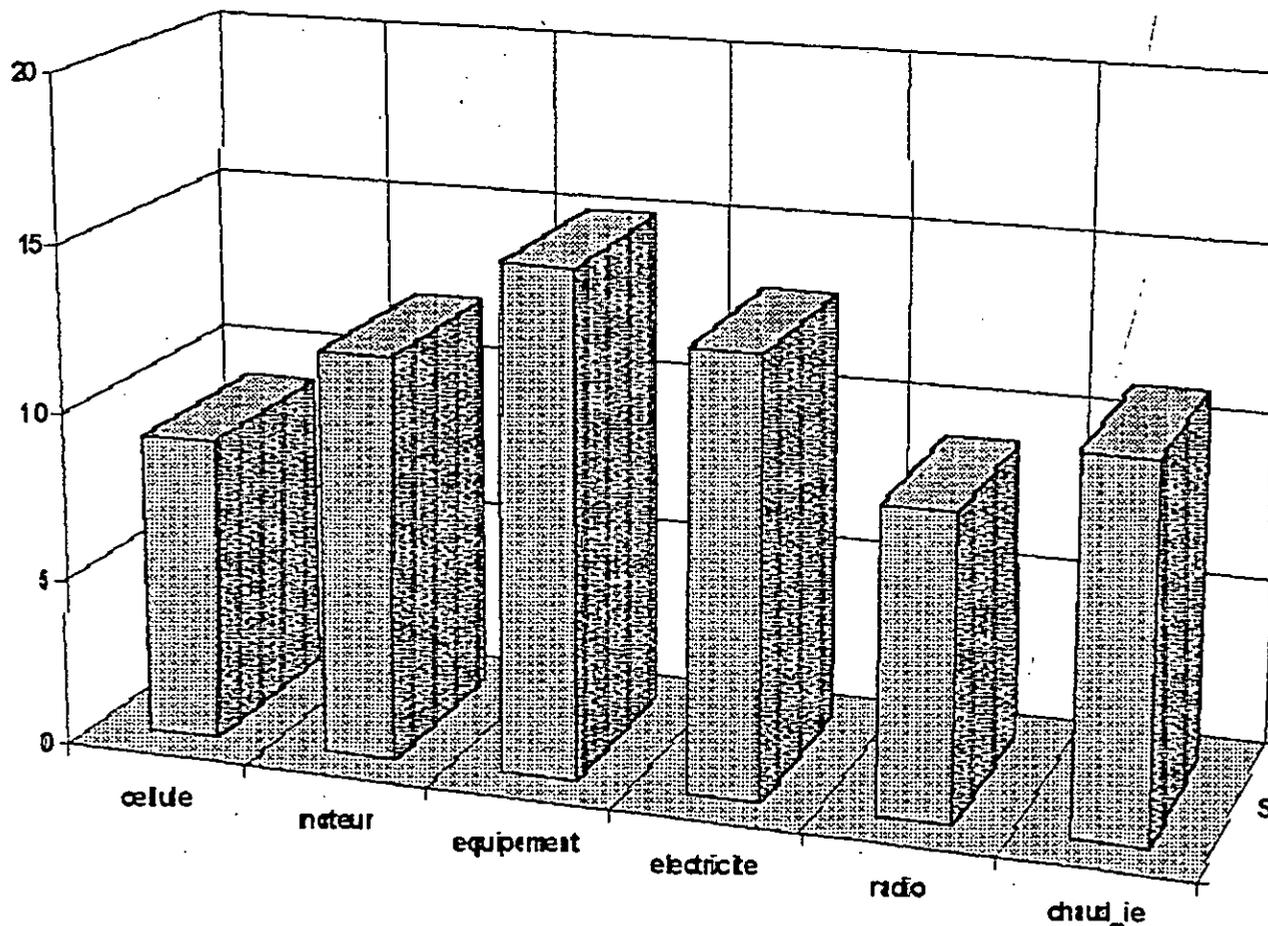
taux d'activité (%)  
polyvalence 27\_31(2 tangar)  
creneau 2(avec aleas) apres lissage

Série1



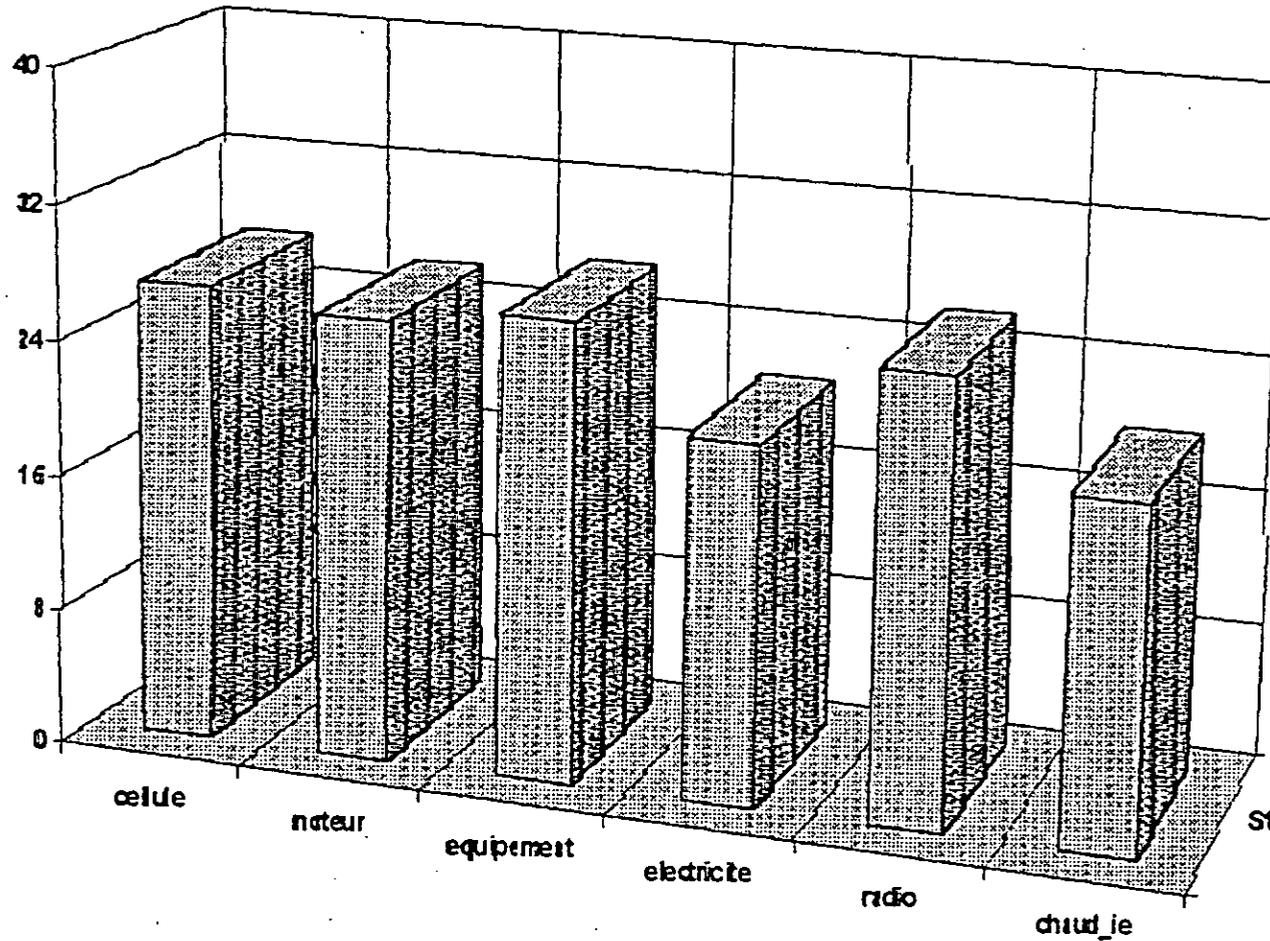
taux d'activite (%)  
polyvalence 27\_37(3 hangar)  
creneau 1(avec aleas) apres lissage

Serie1



taux d'activite (%)  
polyvalence 27\_37(3 bangar)  
creneau 2(avec aleas) apres lissage

■ Série1



SCENARIO N° 8 :

SOLUTION POUR UN, DEUX, ET TROIS HANGARS APRES LISSAGE  
SANS GENERATION D'ALEAS DANS LE CAS D'UNE POLYVALENCE  
DES TECHNICIENS.

## UN HANGAR

RISQUE = 0,00 %

PERFORMANCES	DUREES	ECART TYPE
TEMPS D'ATTENTE TOTAL / AVION	7189,00 Min	/
TEMPS D'ATTENTE QUOTIDIEN / AVION	38,70 Min	2,80
TEMPS D'ENTRETIEN TOTAL / AVION	18784,80 Min	/
TEMPS D'ENTRETIEN QUOTIDIEN/AVION	101,00 Min	1,30

QUALIFICATION 8727 - 8737	CRENEAU 1		CRENEAU 2		CRENEAU 3	
	SOLUTION	TAUX ACTIV (%)	SOLUTION	TAUX ACTIV (%)	SOLUTION	TAUX ACTIV (%)
CELLULE	6,00	12	2,00	49	2,00	06
MOTEUR	3,00	19	2,00	48	2,00	05
EQUIPEMENT	1,00	40	1,00	77	1,00	09
ELECTRICITE	1,00	37	1,00	57	1,00	06
RADIO	1,00	26	1,00	48	1,00	05
CHAUDRONNERIE	1,00	19	1,00	38	1,00	04

RISQUE = 0,48 %

PERFORMANCES	DUREES	ECART TYPE
TEMPS D'ATTENTE TOTAL / AVION	7086,30 Min	/
TEMPS D'ATTENTE QUOTIDIEN / AVION	38,10 Min	2,80
TEMPS D'ENTRETIEN TOTAL / AVION	19078,50 Min	/
TEMPS D'ENTRETIEN QUOTIDIEN/AVION	102,60 Min	1,40

QUALIFICATION B727 - B737	CRENEAU 1		CRENEAU 2		CRENEAU 3	
	SOLUTION	TAUX ACTIV (%)	SOLUTION	TAUX ACTIV (%)	SOLUTION	TAUX ACTIV (%)
CELLULE	6,00	12	2,00	49	1,00	10
MOTEUR	3,00	19	2,00	49	1,00	08
EQUIPEMENT	1,00	40	1,00	77	1,00	08
ELECTRICITE	1,00	37	1,00	57	1,00	05
RADIO	1,00	26	1,00	48	1,00	04
CHAUDRONNERIE	1,00	19	1,00	38	1,00	04

## DEUX HANGARS

RISQUE = 0,00 %

PERFORMANCES	DUREES	ECART TYPE
TEMPS D'ATTENTE TOTAL / AVION	754,20 Min	/
TEMPS D'ATTENTE QUOTIDIEN / AVION	04,10 Min	0,40
TEMPS D'ENTRETIEN TOTAL / AVION	16322,20 Min	/
TEMPS D'ENTRETIEN QUOTIDIEN/AVION	87,80 Min	1,20

QUALIFICATION B727 - B737	CRENEAU 1		CRENEAU 2		CRENEAU 3	
SPECIALITE	SOLUTION	TAUX ACTIV (%)	SOLUTION	TAUX ACTIV (%)	SOLUTION	TAUX ACTIV (%)
CELLULE	8,00	10	4,00	25	0,00	00
MOTEUR	5,00	13	4,00	24	0,00	00
EQUIPEMENT	3,00	16	3,00	26	0,00	00
ELECTRICITE	3,00	14	3,00	19	0,00	00
RADIO	3,00	10	2,00	24	0,00	00
CHAUDRONNERIE	2,00	12	2,00	19	0,00	00

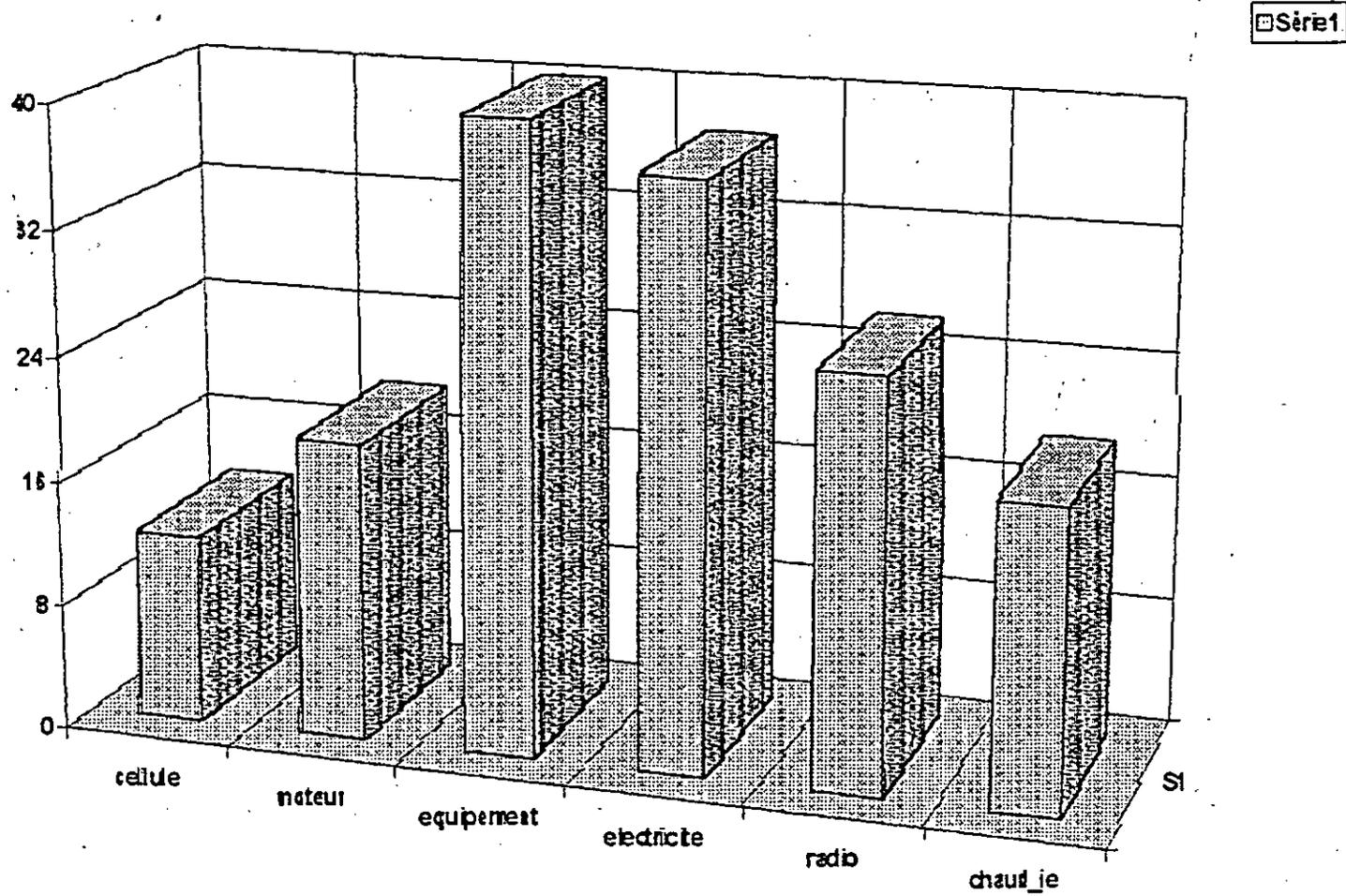
TROIS HANGARS :

RISQUE = 0,00 %

PERFORMANCES	DUREES	ECART TYPE
TEMPS D'ATTENTE TOTAL / AVION	438,30 Min	/
TEMPS D'ATTENTE QUOTIDIEN / AVION	02,40 Min	0,40
TEMPS D'ENTRETIEN TOTAL / AVION	16081,20 Min	/
TEMPS D'ENTRETIEN QUOTIDIEN/AVION	86,50 Min	1,00

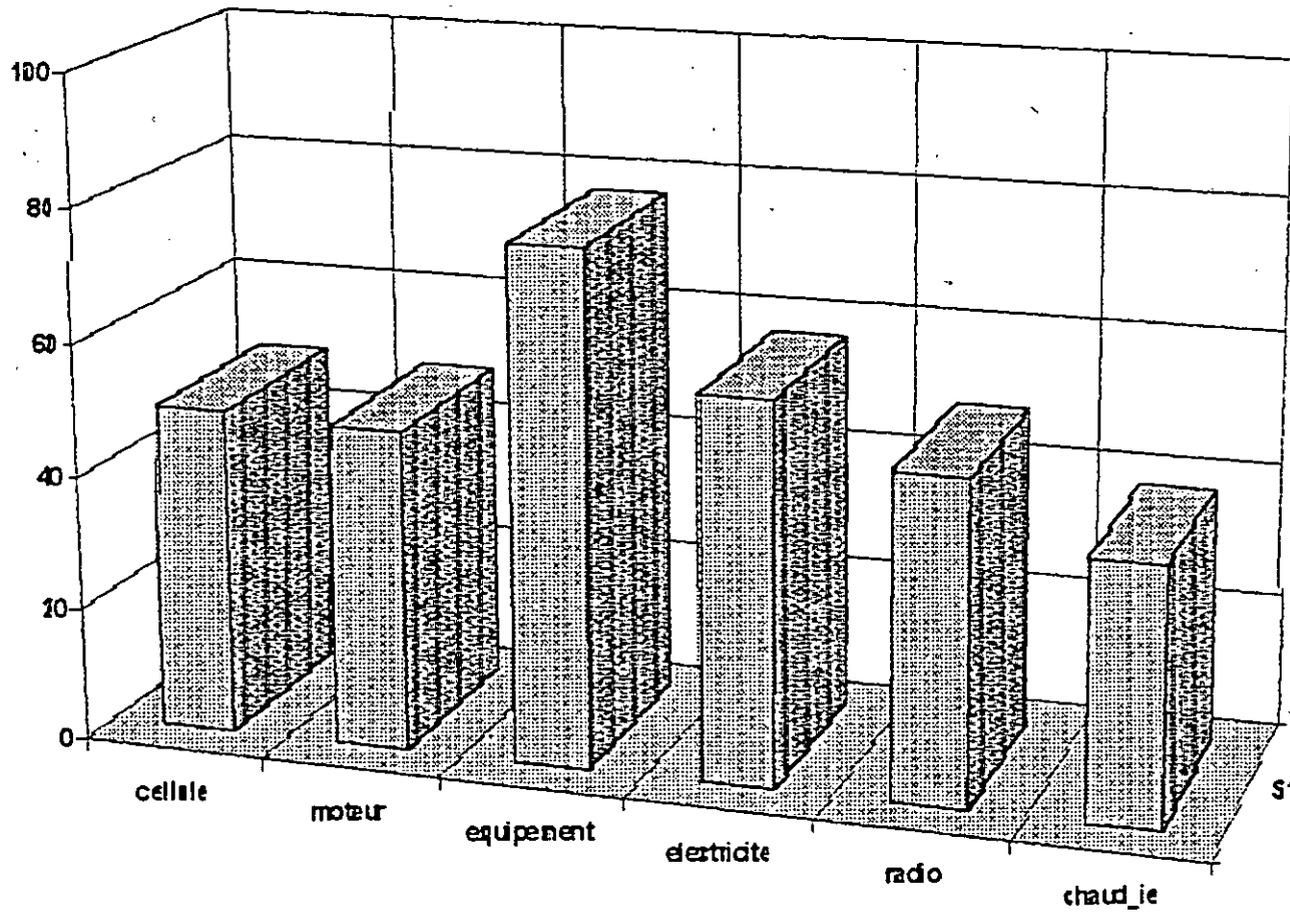
QUALIFICATION B727 - B737	C R E N E A U 1		C R E N E A U 2		C R E N E A U 3	
SPECIALITE	SOLUTION	TAUX ACTIV (%)	SOLUTION	TAUX ACTIV (%)	SOLUTION	TAUX ACTIV (%)
CELLULE	10,00	08	6,00	17	0,00	00
MOTEUR	05,00	13	6,00	16	0,00	00
EQUIPEMENT	03,00	16	5,00	15	0,00	00
ELECTRICITE	03,00	14	3,00	19	0,00	00
RADIO	03,00	10	2,00	24	0,00	00
CHAUDRONNERIE	02,00	12	2,00	19	0,00	00

taux d'activite (%)  
polyvalence 27\_37(1 hangar)  
creneau 1(sans aleas) apres lissage



taux d'activité (%)  
polyvalence 27\_31(1 hangar)  
creneau 2(sans aless) apres lissage

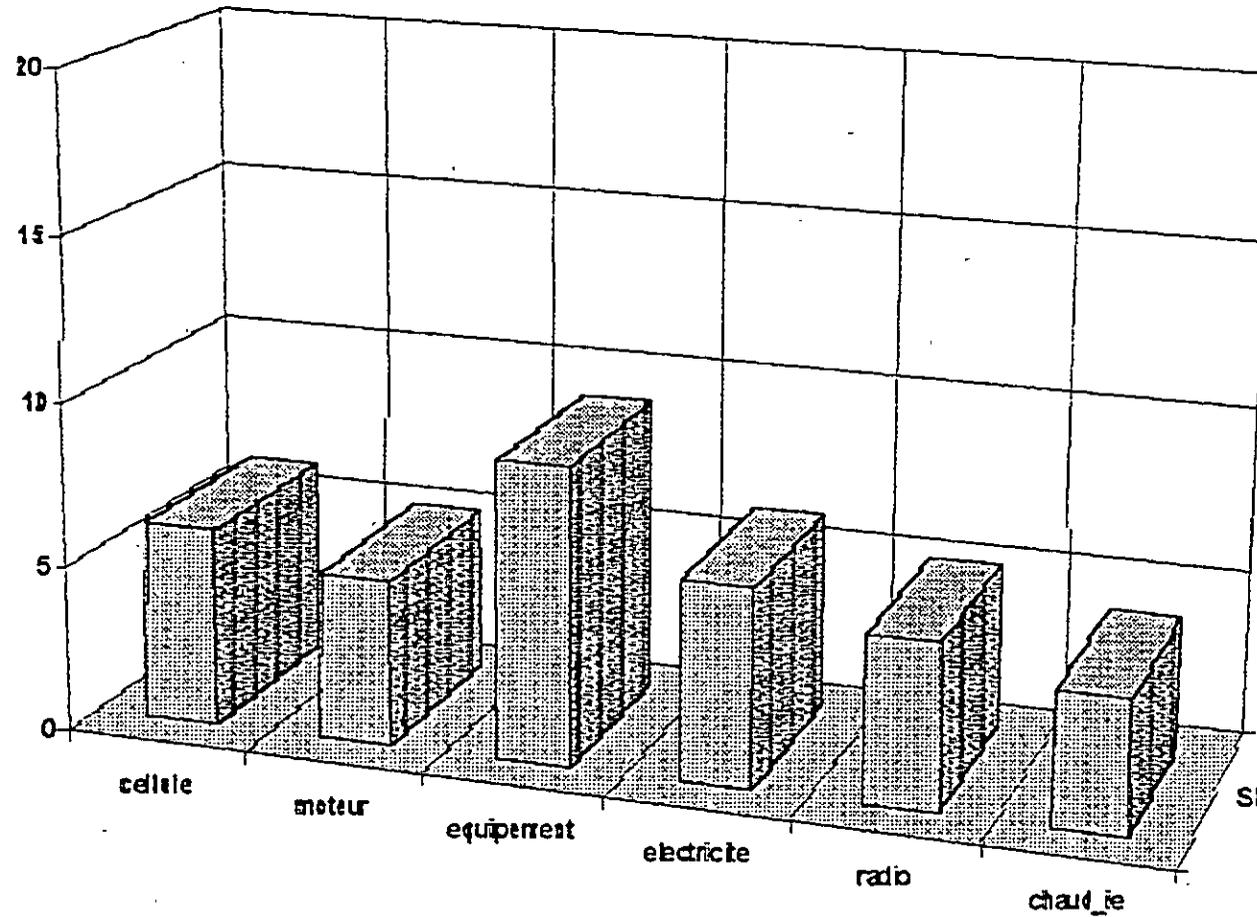
■ Série1



Feuil Graphique 74

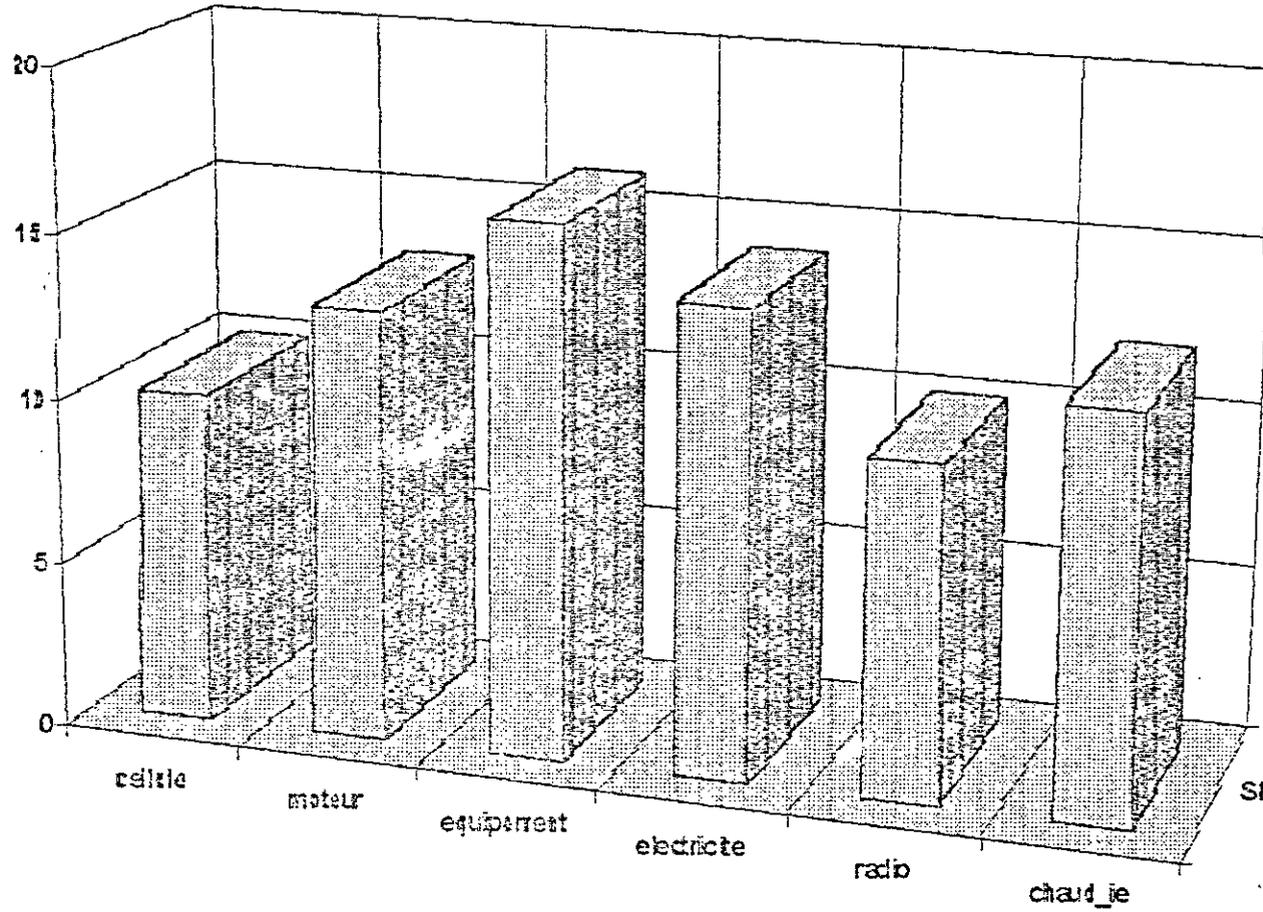
taux d'activité (%)  
polyvalence 27\_31(1 hangar)  
creneau 3(sans aleas) apres lissage

Sirel



taux d'activite (%)  
polyvalence 27\_37(2 hangar)  
creneau 1(sans aleas) apres lissage

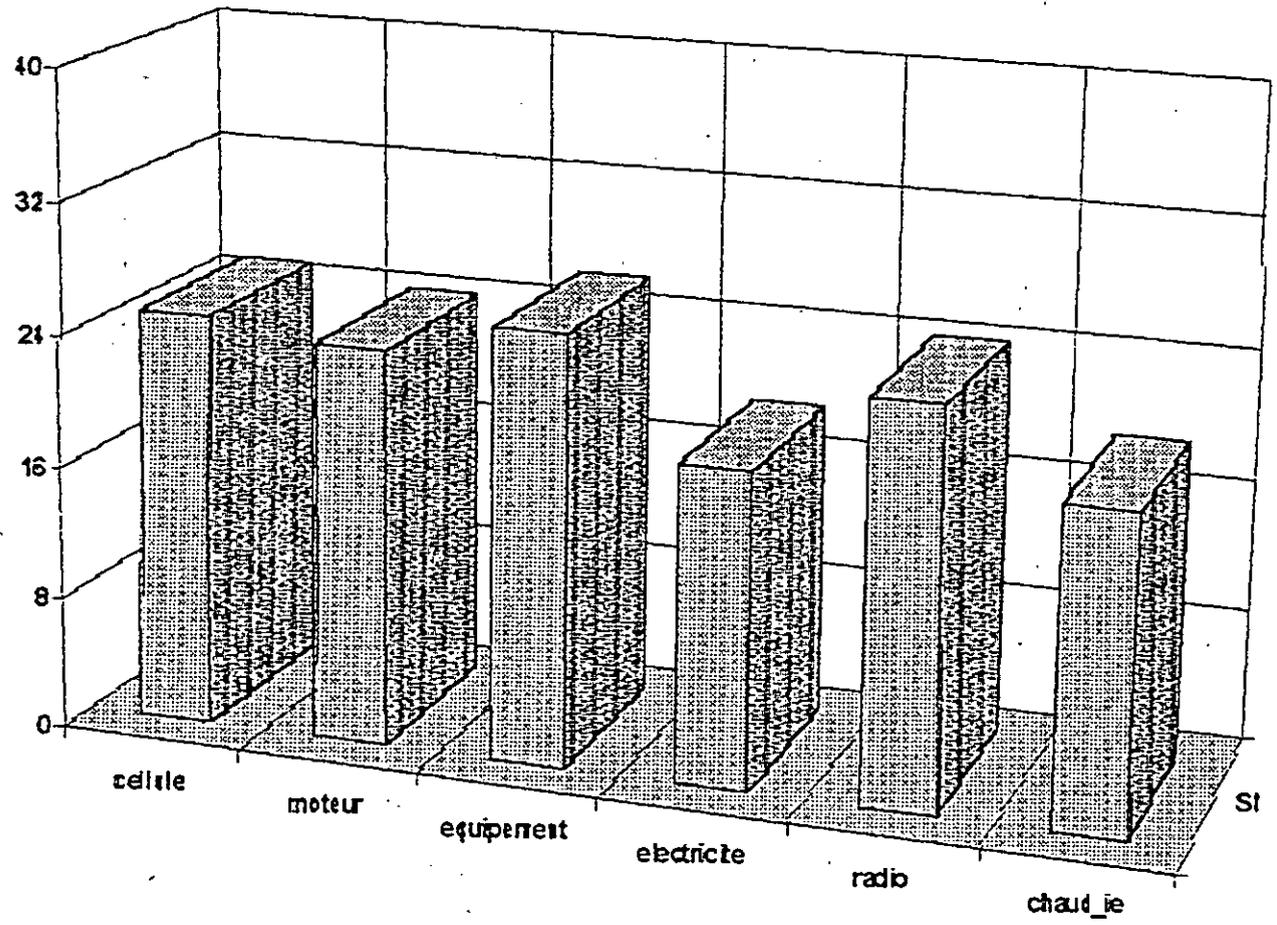
□ Secret



Feuil Graphique 76

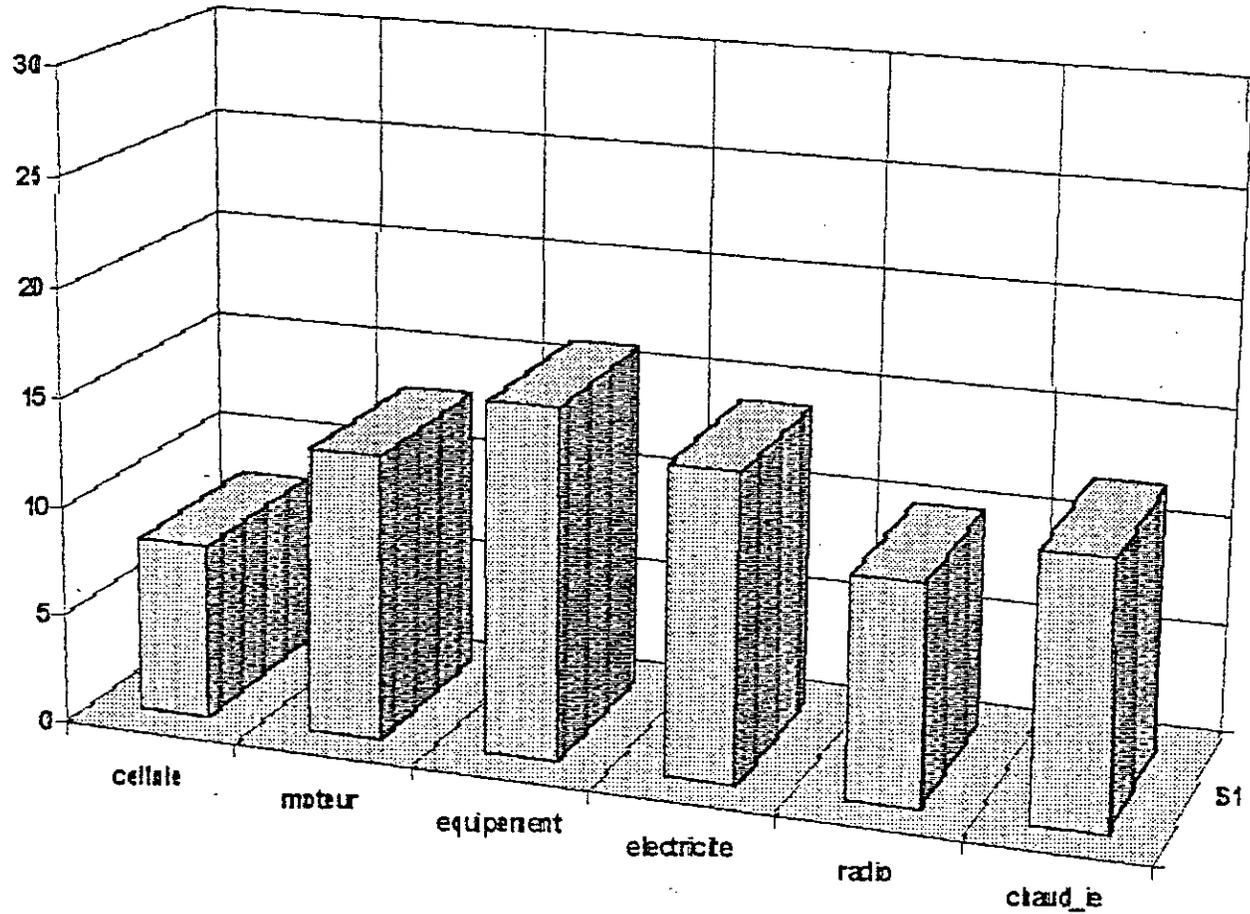
taux d'activité (%)  
polyvalence 27\_37(2 hangar)  
creneau 2(sans aleas) apres lissage

Siérel



taux d'activite (%)  
polyvalence 27\_31(3 hangar)  
creneau 1(sans aleas) apres lissage

Siret



Feuil Graphique 78

taux d'activite (%)  
polyvalence 27\_37(3 hangar)  
creneau 2(sans aleas) apres lissage

Serie1

