

RÉPUBLIQUE DU SÉNÉGAL



ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE THIÈS

Gm. 0615

PROJET DE FIN D'ÉTUDES

Titre Etude des arrêts de production et des
pertes de fabrication à la SENAC-ETERNIT

Auteur Mamadou NDIAYE

Génie Mécanique

Date JUIN 1984

Ecole Polytechnique de Thies

Projet de FIN D'ETUDES

Gm. 0645

Auteur :

Mamadou NDIAYE

Directeurs :

André LANGEVIN,
(Professeur E.P.T.)

Talla Cissé.
(SENAC)

Genie : Mécanique -

Année académique : 1983 - 1984 .

SUJET : ETUDE DES ARRETS DE
PRODUCTION ET DES PERTES DE
FABRICATION A LA SENAC - ETERNIT.

A ma tante Fatou ...

Remerciements .

iii

A Monsieur André LANGEVIN, professeur
de Recherche opérationnelle,
je présente mes remerciements pour ses
multiples conseils.

A Monsieur Talla Cissé, chef du
département Fibro-Ciment à la SENAC

A Monsieur Malick DIOUF, chef du
service entretien à la SENAC

A tout le personnel de la SENAC

je présente mes remerciements pour
l'aide combien précieuse qu'ils ont
apportée à la réalisation de ce projet.

A soda
je décline toute ma gratitude -

Sommaire.

L'étude que nous vous présentons ici porte sur les arrêts de production et les pertes de fabrication à la SENAC.

Son objectif est de proposer des solutions à cet égard, en vue d'améliorer la santé de l'entreprise, souci permanent de ses responsables conscients de l'importance du problème.

Importance que nous évaluerons en premier en déterminant d'une part le temps moyen par jour pour lequel la production était arrêtée par défaillance du circuit de production et d'autre part la proportion des pertes de fabrication.

L'acuité du problème devait tout de suite ressortir, sa résolution indispensable et donc la nécessité de trouver les causes pour établir l'orientation de la recherche des solutions.

L'ampleur du phénomène établi, ses origines déterminées il ne restait qu'à passer en revue l'ensemble des causes et de proposer à chaque fois la solution la plus convenable.

Table des matières

v

Page titre	i
Dédicace	ii
Remerciements	iii
Sommaire	iv
Table des matières	v
introduction	1
I : importance des arrêts de production et des pertes de fabrication	2
I-1 : pourcentage d'arrêt	3
Résultats et interprétations	8
I-2 : pourcentage des pertes de fabrication	13
Résultat et interprétations	16
II : Causes des arrêts et des pertes	18
Résultat	21
III : Recherche des solutions	23
III-1 solution proposée pour les changements de programme	24
III-2 solution proposée pour le manque intercalaires	38
III-3 Entretien.	44
collecte des données	45
stratégie de remplacement	47
entretien compresseur	59
IV Pertes de fabrication	66
Conclusion	73
bibliographie	74

introduction

La santé d'une entreprise dépend de sa capacité à maximiser le rendement sur investissement, à augmenter son chiffre d'affaires, sa part du marché etc...

Cependant de tels efforts seraient vains, s'ils ne sont pas soutenus d'une politique interne rigoureuse qui maintient l'efficacité de la production à un niveau acceptable -

Il s'agit en fait de satisfaire une demande, au moindre coût et dans les meilleurs délais afin de garantir de bonnes conditions de compétitivité.

Cette exigence ne pourrait être remplie sans une disponibilité quasi constante de l'équipement.

C'est dans cette optique que se situe ce projet qui cherche à minimiser les arrêts de production et les pertes de fabrication à la SENAC-ETERNIT.

Importance des arrêts de production et des pertes de Fabrication.

La Senac - Eternit souffre de beaucoup d'arrêts de production et de pertes de fabrication, et la meilleure façon de s'en rendre compte serait sans doute d'observer le circuit de production et d'évaluer le temps d'arrêt par rapport au temps total d'activité. A ce propos d'ailleurs, nous réduirons le concept d'arrêt de production à toute défaillance mécanique, électrique etc... ou toute autre activité qui bloquerait la fabrication, excluant ainsi les arrêts inhérents à la gestion globale de l'entreprise.

Ce problème prend vite des proportions considérables si l'on sait que la fréquence de fabrication à la SENAC est en moyenne d'une plaque toutes les 18 secondes ou encore une valeur de 4000 à 5000 P CFA toutes les 18 sec. . On s'imagine dès lors ce que cela doit représenter comme perte si le temps d'arrêt s'évalue en heures par jour de travail. La démarche, dans ce chapitre, sera de déterminer le temps d'arrêt par rapport au temps d'activité ainsi que le pourcentage des pertes de fabrication, donc leur importance. Nous fournirons parallèlement, à la fin de chacune de ces deux parties des analyses et interprétations des résultats pour mieux les illustrer.

I-1 : Détermination du pourcentage d'arrêts de production par rapport au temps total de Fabrication .

Nous voulons chiffrer dans cette première partie l'importance des arrêts de production et de donner leurs interprétations -

L'étude exhaustive étant écartée car ne pouvant surveiller en permanence et de façon continue le circuit de production, les seules possibilités qui restent sont les méthodes par sondage: nous utiliserons celle proposée par le bureau international du travail, la méthode des observations instantanées. Par ailleurs, le phénomène étudié étant aléatoire (l'arrêt de la production), l'étude pourra se faire à intervalles constants.

études préliminaires.

L'étude préliminaire permet d'avoir une première approximation qui fournira par la suite la taille de l'échantillon nécessaire pour atteindre la précision et le degré de confiance désirés.

jour	Arrêt (min) / 8 ^h de travail
1 ^{er}	90
2 ^{eme}	85
3 ^{eme}	90
4 ^{eme}	205
5 ^{eme}	125

L'arrêt (en min.) est $90 + 85 + 90 + 205 + 125 = 595 \text{ min.}$

nombre de jours d'étude : 5

durée totale de l'activité : $(2 \times 8 \times 60) \times 5 = 4800 \text{ min}$

Donc l'étude préliminaire donne un pourcentage de

$$\frac{595}{4800} \times 100 = 12.39\% \text{ d'arrêt de production}$$

Soit $p = 12.39$ pourcentage d'arrêt

et $q = 87.61$ pourcentage temps productif.

Nous voulons maintenant déterminer la taille de l'échantillon n , c'est à dire le nombre d'heures de travail étudiées, pour que les résultats soient significatifs à une précision et un degré de confiance fixés à l'avance.

Prenons un degré de confiance de 95% pour une marge d'erreur de 10%.

alors de la relation $\sigma_p = \sqrt{\frac{pq}{n}}$

et avec la courbe de GAUSS

c'est à dire $1.96 \sigma_p = 10 \Rightarrow \sigma_p = \frac{10}{1.96}$

on peut écrire

$$\sqrt{\frac{pq}{n}} = \frac{10}{1.96} \Rightarrow \frac{pq}{n} = \frac{100}{(1.96)^2}$$

$$\hookrightarrow n = \frac{(87.61)(12.39)(1.96)^2}{100} = 41.7$$

$n = 42$

c'est à dire qu'il faudra 42 périodes de 16 heures, afin que dans 95% des cas, les résultats trouvés se rapprochent de la réalité à 10%.

Ce travail se trouve facilité, amplement car à la SENAE on dresse à la fin de chaque jour l'inventaire des arrêts ainsi que leur durée, ce qui permettra ainsi d'avoir les 672 heures (42 périodes de 16 heures) nécessaires pour l'étude.

d'où les tableaux suivants tirés des deux années d'exercice précédentes (1982 - 1983) :

Date	Arrêts (min)			Total Arrêt (min.)	Nombre d'heures de travail	% du temps d'arrêt
	Poste A	B	C			
15-7-82	95	130	110	335	24	23.3 %
16	175	—	—	175	8	36.4
19	100	115	120	335	24	23.3
20	230	55	130	415	24	28.8
21	75	45	305	425	24	29.5
23	345	—	—	345	8	71.9
26	180	80	190	450	24	31.2
27	15	70	35	120	24	8.3
28	60	105	125	290	24	20.1
29	95	130	160	385	24	26.7
30	45	—	—	45	8	9.4
2-8-82	145	110	245	500	24	34.7

Date	Arrets (min.)			Total Arrets (min.)	Nombre d'heures de travail	Arret en %
	A	B	C			
03-8-82	245	120	180	545	24	37.8%
4	180	15	145	340	24	28.6
5	35	20	45	100	24	6.9
6	35	—	—	35	8	7.3
9	100	60	15	175	24	11.8
10	150	20	45	215	24	14.6
11	115	35	195	345	24	23.9
12	125	10	100	235	24	16.3
13	90	—	—	90	8	18.8
16	165	45	400	610	24	42.4
17	120	200	140	360	24	25.0
18	125	25	35	185	24	12.8
19	30	70	120	220	24	15.3
20	35	—	—	35	8	7.3
23	245	25	310	580	24	40.3
24	350	85	20	455	24	31.6
25	70	10	70	150	24	10.4
26	60	0	10	70	24	4.9
27	60	—	—	60	8	12.5
30	170	50	105	335	24	23.3
31	95	80	40	215	24	14.9
1 ^{er} 9-82	0	15	150	165	24	11.4
02	80	95	235	410	24	28.5

Date	Arrêts (min.)			Total Arrêt (min.)	Nombre d'heures de travail	Arrêt en %
	A	B	C			
23-02.83	21	5	-	26	16	2.7
24	62	20	-	82	"	8.5
25	0	0	-	0	"	00.0
28	140	20	-	160	"	16.7
1 ^{re} -03.83	5	45	-	50	"	5.2
2	70	0	-	70	"	7.3
3	60	15	-	75	"	7.8
4	40	10	-	50	"	5.2
7	140	225	-	365	"	38.0
8	0	0	-	0	"	00.0
9	50	110	-	160	"	16.7
11	60	0	-	60	"	6.2
14	65	80	-	145	"	15.1
15	115	32	-	147	"	15.3
16	40	50	-	90	"	9.4
17	240	0	-	240	"	25.0
21	70	0	-	70	"	7.3
22	139	0	-	139	"	14.5
23	76	200	-	276	"	28.7
24	25	0	-	25	"	2.6
25	90	20	-	110	"	11.4
28	110	12	-	122	"	11.7
29	10	0	-	10	"	1.0

I-1-2 Résultats

Dans l'étude précédente (les tableaux) nous n'avons pas tenu compte des pannes n'occasionnant pas d'arrêts de production, ainsi les pannes ou les défaillances comme - mauvaise pâte, collage tamis, marche en sacs, marche en 2 bacs, panne démouleuse n'occasionnant pas de manque d'intercalaires, marche lente etc... ne sont pas comptabilisées dans l'inventaire des pannes.

Par ailleurs le phénomène de collage plaques à la démouleuse dure très souvent longtemps (100 min.) sans que l'on spécifie s'il y a eu ou non un manque intercalaire comme conséquence, alors que visiblement il devrait y en avoir.

C'est pourquoi, pour éviter tout équivoque, nous n'en avons pas tenu compte. Et de ce fait, avec la marche en 2 postes seulement A et B (De 6^h à 14^h et de 14^h à 22^h)

l'étude précédente donne un pourcentage moyen de

12.88 %

obtenu en faisant la moyenne des pourcentages d'arrêt de production durant ces 672 heures d'étude.

l'écart-type étant de 9.47

Nous pouvons conclure en disant que, dans 95% des cas cette valeur de 12.88% se rapproche de la valeur réelle à 10% de précision.

I-2-3 Analyse des résultats et interprétation.

En fait c'est cette partie qui montre de façon plus concrète la signification du pourcentage d'arrêt trouvé précédemment. Que signifie en réalité 12.88% d'arrêt de production ?

- En première analyse, cela voudrait dire que la SENAC perd 12.88% de son temps d'activité soient 62 minutes par poste (8 heures de travail).

Ainsi, en raison d'une capacité de production de d'une (1) plaque toutes les 20 secondes (chiffre pessimiste, on peut avoir 1 plaque / 16 secondes), la SENAC baisse son niveau de production de :

$$62 \times 3 = 186 \text{ plaques / par poste.}$$

Nous supposerons deux cas :

1^{er} cas : la production actuelle de la SENAC répond exactement à la demande du marché et donc tout excès ne serait pas absorbé - (demande annuelle)

Dans ce cas, ces arrêts de production, signifient qu'on travaillerait 25 jours (2 postes / jour) de plus que c'est nécessaire pour satisfaire la demande, c'est à dire presque 1 mois de salaire gratuit pour tous ceux qui sont liés à la production -

En effet :

- Avec 1 plaque / 20 sec., la SENAC pourrait produire idéalement 1440 plaques par poste.

- et avec 186 plaques diminuées sur le niveau de production, elle ne pourrait en produire que $1440 - 186 = 1254$ plaques/poste. (Notons que ces 1350 sont rarement atteintes en 8h, la production a dépassé 10 fois 1200 plaques/poste en deux (2) ans soient 700 postes au moins -)

- La demande actuelle est de 1460 plaques par jour (nous verrons les détails de cette demande dans la partie "changement de programme"). Ce qui permet d'approximer la demande annuelle à 350 400 plaques absorbées par le marché.

On voit donc qu'il suffirait de 244 postes ($\frac{350400}{1440} = 243,3$) alors qu'on en fait, dans le cas le plus optimiste, 280 postes ($\frac{350400}{1254} = 279,4$) pour répondre à la demande.

Ce calcul permet de voir qu'on fait à la SENAE 36 postes de plus qu'il en faut pour satisfaire la demande.

En raison de 2 postes par jour et 5 jours par semaines, il faudrait 25 jours de plus c'est nécessaire.

En d'autres termes, c'est comme si, dans les conditions de production idéales, on restait un mois sans rien faire, mais quand même payé - Une approximation de la masse salariale mensuelle de tous ceux qui sont liés à la production, donne environ 5 millions de F CFA.

Si l'on ajoute à cette perte, les servitudes et l'énergie doublement utilisées, on peut avoir une idée sur la perte totale

financière que ces arrêts de production occasionnent.

Evidemment une telle conclusion est idéaliste, car on ne pourrait concevoir un système de production sans pannes ni arrêts de production. En réduisant ces arrêts à 15 min. par poste au lieu de 62 min (nous verrons cela dans les solutions proposées), on peut sauver plus de 4.000.000 par année.

2^e Cas: possibilités d'extension du marché actuel de la SENAC: on peut augmenter la production

Dans ce cas, le niveau de production, s'en trouverait diminué de 186x2 plaques par jour, soient 372 plaques. Avec 20 jours par mois, 11 mois dans l'année et 5000 F la plaque, le chiffre d'affaires (les ventes) diminuerait de 410 millions ($372 \times 20 \times 11 \times 5000$). Le bénéfice étant de 10%, c'est une perte potentielle directe de 41 millions de F CFA par année.

Ces interprétations et analyses précédentes permettent d'avoir une idée des conséquences occasionnées par ces arrêts de production. Seulement, au regard du volume de production réel 860 plaques par poste, on peut déduire que la valeur 12.88% est un cas vraiment optimiste (car un tel pourcentage permettrait d'atteindre un minimum de 1200 plaques/poste). On peut donc

à juste titre supposer qu'il y a d'autres défaillances, hormis les pertes de fabrication, qui produisaient une baisse de la production.

En effet, l'étude précédente est basée sur des données fournies par les ouvriers et que probablement ce ne sont toutes les défaillances qui y sont mentionnées. Et le fait qu'elles soient les seules disponibles nous obligeait à les prendre.

Cependant un calcul beaucoup plus direct et à mon avis assez significatif, permet de voir que ces pertes sont bien optimistes. En effet la moyenne de la production (ce qui est quand même concret) est de 860 plaques/poste alors que, dans le cas le plus défavorable, on pourrait en avoir 1440, ce qui laisse voir un rendement de la production relativement faible de 59,7% $\left(\frac{860}{1440} \times 100\right)$

Ce calcul, bien que assez simpliste, rend compte beaucoup plus de la réalité, et on peut imaginer les pertes que cela engendrait, toutes proportions étant respectées, dans le cadre des deux cas établis précédemment.

Nous verrons dans la suite des propositions dans le but de résoudre ces problèmes. (Chapitre III et suivants).

I-2 Détermination du pourcentage de pertes de fabrication.

La méthode utilisée sera aussi celle des observations instantanées. Nous nous sommes limités aux pertes à la 'machine humide' (ce qui passe dans le delayeur) sans nous préoccuper des rebuts au niveau de la démouleuse qui est un autre problème de contrôle de qualité. Nous voulons en somme déterminer l'importance de la "mauvaise pâte".

Une étude préliminaire a donné sur 120 plaques observées 15 mauvaises passant au delayeur (gros cylindre où sont acheminées les mauvaises pâtes dans le but d'être broyées et réintroduites dans le circuit).

ce qui donne :

p : pourcentage de pertes = 12.5 %

q : pourcentage de bonne pâte = 87.5 %

avec une confiance de 99.9 % et une marge de 3% , la taille de l'échantillon devait être 1325 plaques observées au hasard.

Nous avons déterminé la séquence horaire des observations grâce à la table de nombres tirés au hasard (page 212 de l'ouvrage du bureau international du travail :

' Introduction à l'étude du travail ' deuxième édition) et le tableau suivant donne un exemple d'utilisation et en même temps d'une feuille de mesure.

Disposition par ordre croissant des nombres.	Heures d'observation (durée 5')	Pertes (en nombre de plaques)	Pourcentage de la perte (par rapport à 15 plaques)
00	8 ^h	0	00 %
2	8 ^h 10'	1	6,66 %
3	8 ^h 15'	1	6,66 %
8	8 ^h 40'	0	00,0 %
9	8 ^h 45'	0	00,0 %
16	9 ^h 20'	0	00,0 %
23	9 ^h 55'	0	00,0 %
31	10 ^h 35'	0	00,0 %
32	10 ^h 40'	4	26,66 %
33	10 ^h 45'	0	00,0 %
36	11 ^h 00'	0	00,0 %
37	11 ^h 5'	0	00,0 %
38	11 ^h 10'	0	00,0 %
41	11 ^h 25'	5	33,33 %
45	11 ^h 45'	5	33,33 %
51	12 ^h 15'	1	6,66 %
57	13 ^h 10'	0	00,0 %
63	13 ^h 40'	3	20,0 %
71	14 ^h 20'	0	00,0 %
82	15 ^h 05'	2	13,33 %

Ces pertes de fabrication sont dues au gonflage, au collage tamis, collage feutre, mauvais retour, fausse manœuvre Toutes ces causes se manifestent seulement par deux conséquences : déchirure de la plaque, manque ou excès d'épaisseur - de sorte qu'elle passe directement au délayeur.

Cette étude menée donc pendant 15 jours donne le résultat suivant :

Pertes de fabrication 7.6%

C'est à dire, en moyenne, sur 100 plaques quittant le cylindre 7.6 sont perdues et passent dans le délayeur.

Notons au passage, que cette étude a été faite en un moment où la JAMBAC était mal en point. De ce fait, on peut, sans risque d'erreur, considérer une valeur légère inférieure car les conditions de l'étude étaient biaisées.

interprétation :

Ajoutée à la perte des arrêts de production, on voit jusqu'à quel point la perte est considérable au point de vue des arrêts de production et des pertes de fabrication.

Avec une moyenne de fabrication de 860 plaques par jour, la perte des fabrication s'élèverait à 66 plaques par jour.

En réalité ces plaques defectueuses passent au délayeur où elles seront broyées pour ensuite ^{être} envoyées à la citerne. Ce qui montre donc que ces plaques

ont nécessité deux fois plus d'énergie pour sortir en produit fini.

C'est sur ce point que nous terminons la première phase qui consistait à évaluer l'importance des arrêts de production et des pertes de fabrication. De par les interprétations on s'est rendu compte de l'opportunité de se pencher sur ces problèmes, ce qui a été justement le souci des responsables de la SENAC-ETERNIT en demandant ce travail d'organisation et méthodes.

Au terme de cette première étape qui nous renseigne sur l'importance des pertes, la question qui vient naturellement est de savoir où orienter les actions pour réduire ces problèmes autrement dit quelles sont les causes et dans quel ordre de priorité devons-nous les agencer : c'est l'objet du chapitre suivant.

Chapitre : II

Causes des Arrêts de Production et des pertes de Fabrication.

Le premier chapitre nous a renseigné sur l'importance des arrêts de production et des pertes de fabrication ainsi que sur l'urgence de les résoudre. Cette résolution passe naturellement par l'identification de l'ensemble des causes qui créent de telles pertes, mais aussi et surtout, par l'établissement d'un ordre de priorité (dans ces causes) afin de déterminer les différentes étapes de la résolution de ce problème.

Pour ce faire, nous avons commencé par repertorier toutes les pannes ou activités ayant causé un arrêt de production durant les quatre années (4) d'exercice précédentes. Ce qui a permis d'avoir toutes les pannes possibles jusqu'à date. Nous avons calculé ensuite le nombre de minutes d'arrêt dû à chaque cause pendant ces dernières années d'activité - Ce qui fait ressortir du coup l'importance relative des pannes les unes par rapport aux autres -

Les tableaux suivants illustrent la méthode, et établis pour les années d'exercice sus-mentionnées, ils donnent les résultats recherchés -

Désignation de l'arrêt : changement de programme.

Date	Cause de l'arrêt	Durée
03-1-83	changement de cylindre	35
4	- " -	20
5	- " - 3m en 6m	20
6	(3m en 6m) 6m en 3m	60
6	(6m en 3m) 3m en 6m.	15
10	changement cylindre	55
17	- " -	25
19	- " -	25
21	- " -	20
21	- " -	40
25	- " -	35
26	- " -	20
28	- " -	50
02-02-83	- " -	25
03	- " -	35
03	- " -	35
04	- " -	30
04	- " -	25
07	- " -	20
07	- " -	30
07	- " -	25
09	- " -	30

Désignation de l'arrêt: Manque d'intercalaires

Date	Cause de l'arrêt	Durée (min)
6-1-83		10
11		25
12		10
12		20
12	Démouleuse lente	15
12		25
12		15
17	Panne télécommande démoléuse	23
18	collage	15
-	"	20
-	"	15
-	"	5
-	"	5
-	"	20
-	"	5
-	"	10
-	"	10
-	"	10
27	Démouleuse lente	5
-		15
8-2-83	Panne P.P.T. démoléuse	10
-		15

Nous venons de donner quelques exemples sur la façon dont nous avons déterminé l'importance de chaque cause d'arrêt. L'ensemble des données étant volumineux (2 ans d'exercice) nous mettrons le reste des tableaux en annexe.

les résultats

Désignation de la Cause (ayant occasionné l'arrêt)	importance de la Cause (par rapport au total des arrêts)
Manque intercalaires	: 22%
Changement de programme	: 19%
Panne JAMBAC (ou Accessoires)	: 14%
Pompes et Moteurs	: 11%
Compresseur (manque air)	: 8,5%
Pied de biche	: 3%
delayeur	: 3%
Cable de coupe	: 2%
Circuit ciment	: 2%
Autres { Guide Feutre Tapis disque de coupe Hollander Manque eau broyeur Coupure courant etc...	: 15.5%

Ces résultats donnent l'importance relative de chaque cause d'arrêt de la production par rapport au total des arrêts déterminé au chapitre I. Parallèlement aussi, ils font état de l'ensemble des pannes possibles ou plutôt les plus probables, compte tenu du fait que l'étude a été menée sur les trois années passées.

Ainsi donc, nous obtenons l'orientation que devrait prendre une réorganisation future ainsi que l'agencement des tâches du fait de leur importance.

La première remarque, d'ailleurs bien surprenante, que l'on peut faire, au regard de ces résultats, c'est que les 41% des arrêts de production sont dûs à des défaillances gestionnelles de la production plutôt qu'à une tendance plus prononcée des bris techniques -

En effet le "changement de programme" (19%), bien que tributaire de la production par le biais de la demande, ainsi que le "manque d'intercalaires" (22%) ne sont la conséquence d'aucune défaillance mécanique, électrique... etc... défaillances en tout cas qui relèvent de la pure technicité. De là ressort donc qu'on peut sauver beaucoup d'arrêts de production étant entendu que seules les défaillances mécaniques ou électriques ne sont évitables à 100%.

Chapitre III

Recherche des Solutions

L'objectif de ce travail est en réalité de proposer des solutions à des problèmes sentis et bien visualisés au niveau de la SENAC.

La démarche a été d'évaluer d'abord l'importance des arrêts de production et des pertes de fabrication en déterminant dans le chapitre I, le temps moyen par poste (8h. d'activité) durant lequel la production s'arrête.

Ensuite nous avons déterminé au chapitre II les causes de ces arrêts et pertes, étape au terme de laquelle nous avons établi un répertoire des pannes faisant état de leur importance relative, ce qui permettrait d'élaborer un ordre de priorité et d'urgence dans la résolution des problèmes.

Ainsi donc, nous passerons en revue, tout au long de ce chapitre, l'ensemble des causes citées au chapitre précédent et tenterons à chaque fois de proposer la solution la plus convenable possible.

III-1. Solution proposée pour les 'changements de programme'

La SENAC fabrique des plaques amiante-ciment dans plusieurs dimensions (en référence à la longueur, la largeur étant constante). Ces dimensions étant demandées par les clients, la production ne peut se défaire d'un changement continu de la programmation pour satisfaire ces derniers.

La longueur de la plaque est obtenue avec la circonférence du cylindre où s'enroule la pâte d'amiante-ciment (cf schéma de principe). Le changement de programme consiste donc au changement de cylindre par un autre afin d'obtenir une autre longueur de plaque désirée. Cette opération arrête la production et prend du temps : par exemple le changement du cylindre 2,5 m en cylindre de 3 m, le 23 Mars 1983, a duré 145 min. soit 2 heures 25 min. !

On voit donc que même si ce changement est entièrement tributaire de la production, on doit songer à les agencer de façon méthodique dans le temps dans le respect scrupuleux d'une seule et unique contrainte : satisfaire la demande.

Notons finalement, que nous appellerons indifféremment les changements OGF ou OGL (ou inversement) ainsi que les changements de cylindre par changement de programme —

III-1-1 Quelle est la demande ?

Nous voulons programmer la production (établir la procédure de changement de cylindre) de façon à réduire les arrêts tout en respectant la demande dans chaque dimension. Donc quels sont les besoins des clients dans chaque dimension ?

La meilleure estimation de la demande serait la valeur moyenne. Or les sorties journalières étant rigoureusement aléatoires, cette moyenne ne serait significative que elle est obtenue d'un échantillon dont la taille est

$$n = \left(\frac{k \sqrt{m' \sum x^2 - (\sum x)^2}}{y \sum x} \right)^2$$

- où
- m' : demande préliminaire (taille)
 - x : valeur d'une demande (dans l'échantillon)
 - k : le nombre d'écart-type correspondant au degré de confiance désiré.
 - y : la précision relative.

En prenant une taille préliminaire de 20 sorties (m') ou donc 20 demandes pour chaque dimension (21 mois de travail à la SENAC)

avec un degré de confiance de 95,45% soit

$$k = 2$$

et une précision de 10%, on obtient

la taille qui donnerait une moyenne significative pour chaque dimension. Tailles que donne le tableau suivant :

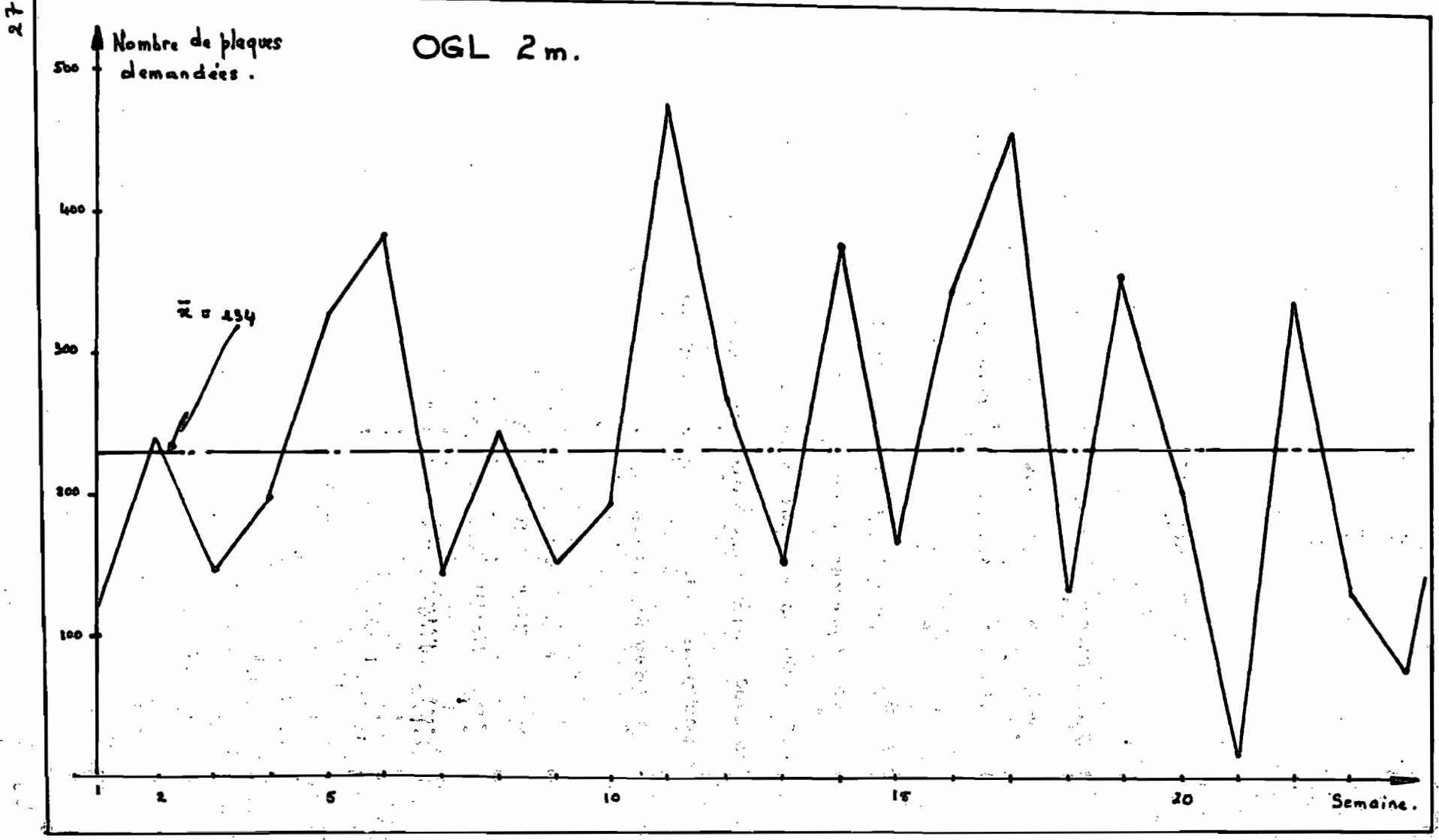
Type	OGL			OGF			
	2m	2,5m	3m	1,5m	2m	2,5m	3m
dimensions							
ΣX	3074	2502	4585	1357	2702	2451	4451
$(\Sigma X)^2$	9.449.476	6.260.004	20.998.225	1.841.449	7.300.804	6.007.401	19.811.401
ΣX^2	1180736	437586	1876327	441729	760770	548295	1588789
n	600	160	320	1520	434	331	242

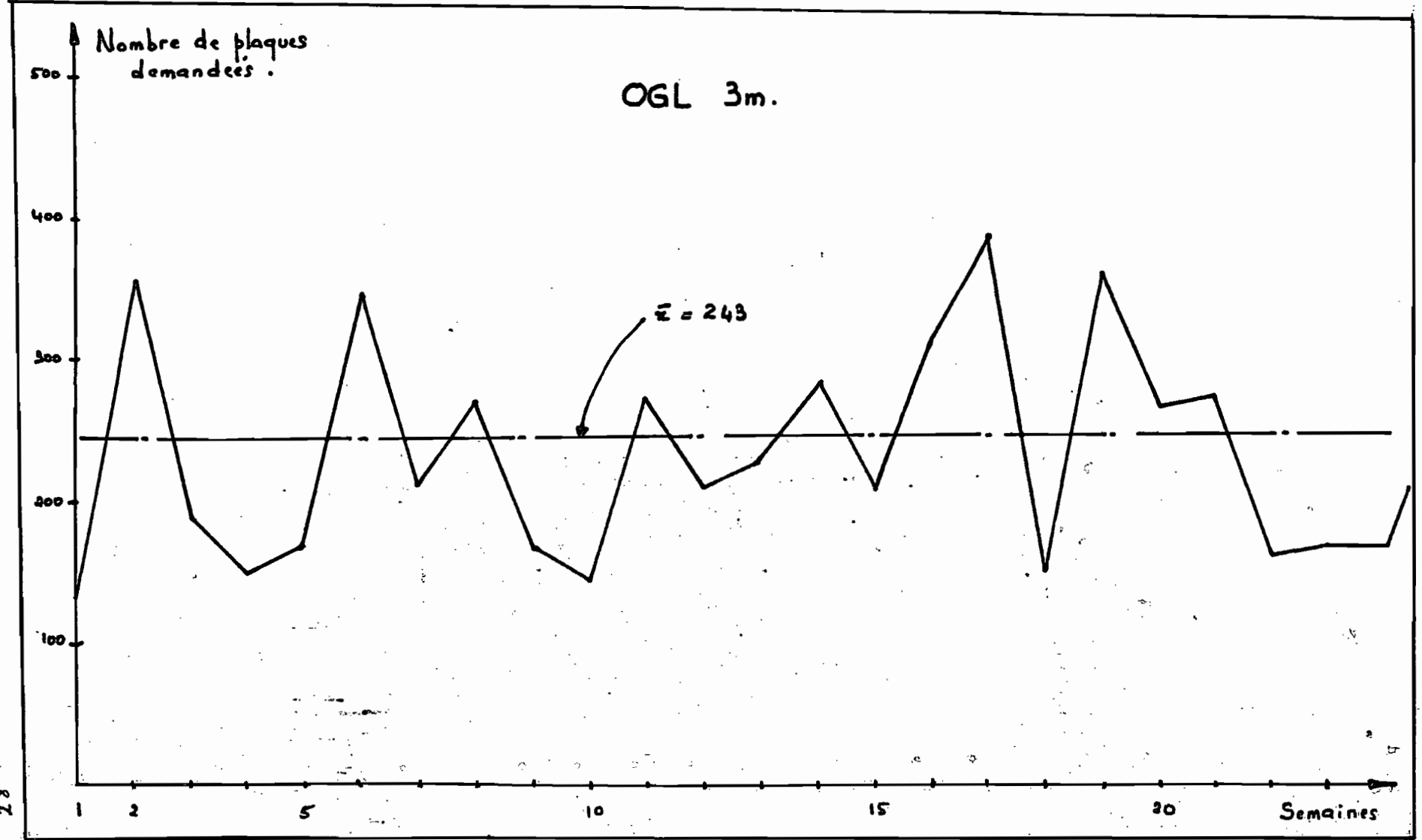
Ce tableau donne le nombre n de demandes journalières dans les dimensions mentionnées pour la moyenne ainsi déduite, soit représentative dans 95% des cas avec une précision de 10%.

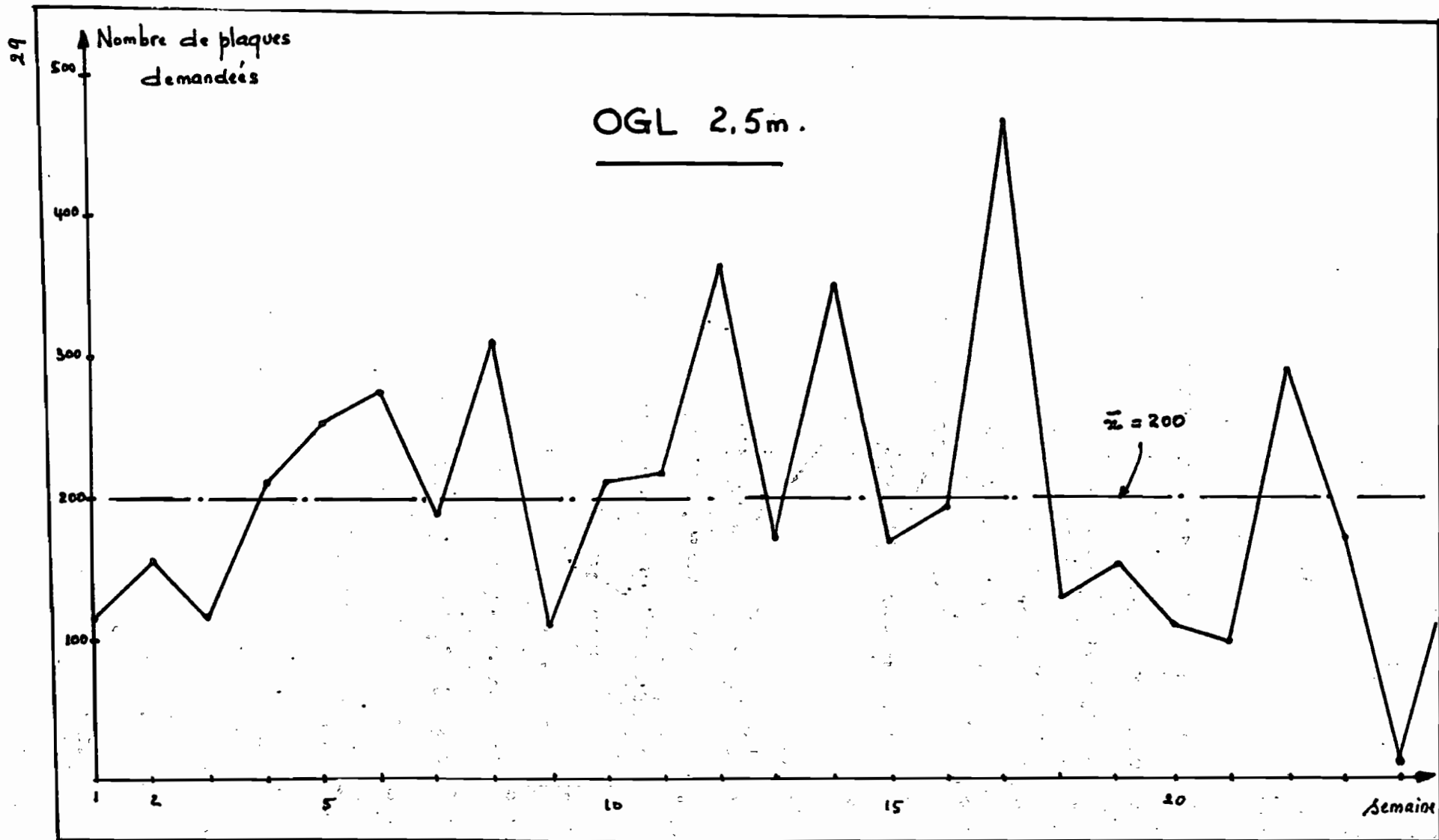
Les données disponibles concernent les 10 derniers mois d'exploitation (à partir du 1^{er} janvier 84);

Soient 184 demandes journalières seulement, cela étant insuffisant par rapport aux tailles exigées ci-dessus il faudra donc estimer la moyenne de la demande la plus probable pour chaque dimension -

données utilisées pour l'estimation :







Plusieurs méthodes permettent d'estimer une moyenne nous avons choisi, comme le montrent les courbes précédentes la régression linéaire.

Ainsi, nous obtenons les résultats suivants:

Type	OGL						OGF					
dimension	1m	1.25m	1.5m	2m	2.5m	3m	1m	1.25m	1.5m	2m	2.5m	3m
demande moyenne par jour	—	—	17	235	200	245	16	14	207	188	216	230

Connaissant la demande moyenne nous allons donc pouvoir programmer la fabrication de façon à satisfaire les besoins tout en diminuant les arrêts dus aux changements de cylindre.

Notons qu'il serait intéressant d'avoir la tendance de cette demande dans le futur, mais malheureusement aussi bien à au niveau de la SENAC qu'au niveau du ministère de l'habitat et de l'urbanisme des études n'ont pas été faites pour voir de la tendance de la construction en Amiante-Ciment (Toit en particulier).

III-1.2 Programmation de la production

Elle constitue en fait la solution proposée pour réduire les arrêts de production dus aux changements de programme. Mais au préalable nous ferons une petite analyse pour réajuster ces demandes en fonction des réalités de production.

Faisons une analyse des réalités de la fabrication afin de transformer ces demandes du client en demandes au niveau de chaque cylindre.

En effet :

— Pour la dimension 1,5m, on n'utilise pas à la production un cylindre de 1,5m mais plutôt un cylindre de 3m. Un disque de coupe placé au milieu de la pâte permet d'avoir 2 plaques de 1,5m de longueur.

donc nous diviserons la demande du client en 1,5m par 2 de façon à la traduire en demande de 3m ainsi :

17 plaques/jour OGL 1,5m deviennent 8,5 ~ 9 plaques/jour de 3m en OGL.

207 plaques/jour OGF 1,5m deviennent 104 plaques/jour en OGF 3m.

— Par ailleurs la fabrication utilise un cylindre de 2,5m pour faire des plaques de 2m, l'excédent (0,5m de plaque) étant coupé et envoyé au délayeur pour être rebroyé et réinjecté dans le circuit de production (à la citerne).

si l'on devait perpétuer cette pratique, on traduirait la demande client en 2m en demande pour le cylindre de 2,5m avec un rapport de 1, c'est à dire avec la même t valeur.

Cependant le calcul qui suit montre qu'à long terme il est plus économique d'acheter un cylindre de 2m que

d'utiliser un cylindre de 2,5m à la place.

En effet:

La demande journalière en plaques de 2m est de

235 en OGL et 188 en OGF

soient 423 plaques par jour au niveau du cylindre de 2,5m.

Le cinquième ($\frac{1}{5}$) de cette quantité étant rejeté au délayeur, c'est dire que 85 plaques ($\frac{1}{5} \times 423$) ont nécessité presque deux fois plus d'énergie pour sortir en finies.

faisons, à partir de ces données le calcul défavorable suivant:

une plaque vaut en moyenne 4500F CFA.

Le bénéfice étant de 10%, le prix de revient

$$P_r = 4500 - 10\% (4500) = 4050 \text{ F.}$$

Dans cette valeur du prix de revient est inclus le coût d'exploitation, dont la charge énergétique.

Supposons (la donnée n'est pas disponible à la SENAC) que cette charge énergétique vaille 1% seulement de ce prix de revient.

Pour une plaque la charge énergétique serait de

$$4050 \times 1\% = 40 \text{ F}$$

pour les 85 plaques/jour ayant utilisé 2 fois plus d'énergie, ce serait une perte totale de

$$85 \times 40 = 3400 \text{ F / jour}$$

En un mois (20 jours d'activité), elle revient à 68000 F CFA.

Soient une perte annuelle, pour ne pas dire une dépense supplémentaire de 748 000 F CFA ! (11 mois / année).

Ce calcul montre donc qu'on ne devrait continuer à utiliser un cylindre de 2,5m à la place de celui de 2m.

L'investissement en vaut bien la perte -

C'est pourquoi, tout en suggérant fortement l'achat d'un cylindre de 2m pour les besoins en plaques de 2m, nous considérerons dans notre programmation l'existence et l'utilisation de celui-ci.

— Le dernier élément de cette analyse est que l'on ne doit pas programmer la fabrication des plaques de 1m et 1.25m comme d'ailleurs cela se fait actuellement au niveau de la production.

En effet leurs demandes étant relativement faibles (16 en moyenne par jour) on pourrait les satisfaire par coupe de certaines plaques de 2^{ème} choix dans les 2m, 2,5m et 3m.

En résumé à cette analyse, on dira que seuls les cylindres de 3m, 2,5m et 2m (acquisition suggérée) seront considérés dans la programmation de la fabrication.

Notons aussi que nous n'avons tenu compte de la fabrication de Canoletas (cylindre 6m) - Nous en tiendrons compte cependant dans la programmation -

La demande totale que doivent fournir en moyenne les cylindres 2m, 2,5m et 3m est de 1460 plaques par jour (Somme des demandes quotidiennes où la demande

en 1,5 m a été divisé par 2 pour la traduire en demande de 3m)

Nous aboutissons finalement à la programmation dont les principes directeurs sont :

- favoriser la pleine journée de fabrication d'une seule dimension
- (très important) les changements nécessaires (car la fabrication est tributaire des changements de programme) se feront après 22 heures, encore que ceux qui sont chargés de faire les changements travaillent jusqu'à 1 heure, après ceux de la production. (i.e. de 22 heures à 23 heures) -
- Quelque soit la programmation, son objectif premier sera de répondre aux besoins du client.
- Pour un même cylindre on passera du type OGF au type OGL ou inversement - Ces types ne dépendent que des proportions du mélange (amiante Russe - amiante canadienne - cellulose) et ne doivent en principe perturber la fabrication

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{OGF} \rightarrow 8 \text{ pièces } 22 \text{ kg} + 5 \text{ kg cellulose} \\ \text{OGL} \rightarrow 8 \text{ pièces } 22 \text{ kg} + 10 \text{ kg cellulose} \end{array} \right\} -$$
- La programmation est cyclique et la période est de 2 semaines - La première nous l'appellerons '1' et la deuxième '2' et ainsi cela recommence - (semaine \rightarrow 5 jours)

Ainsi chaque cylindre doit produire par semaine :

	OGL	OGF	Total (OGL + OGF)
cylindre 3m	1515	2000	3515
cylindre 2.5m	1200	1296	2496
cylindre 2m	1410	1128	2538

et avec une capacité de production de 1250 plaques par poste (8 h. d'activité) on ferait :

3 postes pour le cylindre de 3m par semaine.

2 postes pour le cylindre de 2m par semaine.

2 postes pour le cylindre de 2,5m par semaine.

Soient 7 postes agencés comme suit :

' SEMAINE 1 '

	Poste A : 6 ^h à 14 ^h	à 14 ^h	Poste B : 14 ^h à 22 ^h	22 ^h à 23 ^h
Lundi	Fabrication Canal.	Changer 6m en 3m	Fabrication 3m	
Mardi	Fabrication 3m	—	Fabrication 3m	changer 3m en 2,5m
Mercredi	Fabrication 2,5m	—	Fabrication 2,5m	changer 2,5m en 2m
Jeudi	Fabrication 2m	—	Fabrication 2m	changer de cylindre si nécessaire
Vendredi	Moulage		X	

' SEMAINE 2 '

	Poste A : 6 ^h à 14 ^h	à 14 ^h	Poste B : 14 ^h à 22 ^h	22 ^h à 23 ^h
Lundi	Fabrication 2,5m		Fabrication 2,5m	changer 2,5m → 3m
Mardi	Fabrication 2m		Fabrication 2m	changer 2m en 3m
Mercredi	Fabrication 3m		Fabrication 3m	
Jeudi	Fabrication 3m		X	
Vendredi	Moulage		X	

Ces deux tableaux sont d'une importance toute particulière et méritent une grande attention.

Ces deux tableaux donnent la programmation de la production avec le souci premier de respecter les besoins du client. D'autre part, il est important de rappeler un détail pratique assez considérable, à savoir que dans la "Fabrication 3m" est incluse la fabrication des plaques de 1,5m. Lorsque, en effet, la quantité requise en 3m est atteinte, on baisse le disque de coupe central de la JAMBAC pour commencer à produire la dimension 1,5m.

→ En alternant ces deux semaines, on obtient l'allure de la production dans le temps.

Evaluation des résultats

Au regard de la programmation proposée, la première constatation est que les changements de cylindre ne se font plus aux heures de fabrication, bien qu'ils soient toujours existants. On se fait en vérité une seule fois par deux semaines d'activité et les autres changements nécessaires s'effectuent après 22 heures par l'équipe d'entretien qui, d'abord, est chargé de ce travail, et ensuite doit rester jusqu'à 23 heures.

C'est donc dire que les changements de cylindre affecteront, en moyenne, de 40 minutes seulement le temps d'activité et cela pour 2 semaines.

Or, nous savons que les arrêts de production d'une manière générale, occupent 13% du temps d'activité et que les changements de cylindre constituent les 19% de ce pourcentage.

Donc pour 17 postes, les arrêts dus aux changements de cylindre seraient :

$$\begin{aligned} \text{(avant)} : t &= 19\% (13\% \times 17 \times 8 \times 60) \\ &= 201.5 \text{ min.} \end{aligned}$$

alors que avec la programmation proposée, elle est de 40 min.

C'est à dire que les arrêts dus aux changements de cylindre baissent de 80.15% !

Les arrêts de production d'une manière générale baisseront eux aussi de 16%

en effet de 201.5 à 40 min. l'arrêt s'est diminué de 160 min. les arrêts de production pour 17 postes étant $13\% (8 \times 60 \times 17) = 1060 \text{ min}$, ils seront réduits à $(1060 - 160)$ soit 900 min.

ce qui constitue donc une baisse de 16% par rapport à ce qu'il serait pour un même nombre de postes —

III-2 solution proposée pour le "manque d'intercalaires"

Lorsque la pâte sortie de la partie humide du circuit de production est bonne, elle est coupée et ondulée par la 'jambac'. Ces plaques encore humides seront empilées alternativement avec des tôles ondulées en acier, appelées intercalaires, qui donneront à la plaque sa forme finale lors du séchage. Il ressort de là qu'un manque d'intercalaires arrête systématiquement la production.

En effet les intercalaires suivent un cycle fermé : de la JAMBAC où ils sont empilés avec les plaques, à la demouleuse où ils sont séparés (après séchage), vers ensuite la JAMBAC où le cycle recommence.

Toute paralysie dans ce circuit occasionne un manque d'intercalaires qui empêche toute fabrication.

Devant l'acuité de ce problème qui occupe les 22% des arrêts de production, on a été tenté à la SENAC de mettre deux plaques par intercalaire au lieu d'une au moment où le bris arrive. En fait, juste au moment où une panne bloque le cheminement normal des intercalaires, quelques-uns devaient être déjà sous la JAMBAC, ce qui permettrait de fonctionner encore pour quelques moments, le temps de les épuiser, et si entre temps le bris n'a pas été régularisé, il y a un manque intercalaires et donc arrêt de la production.

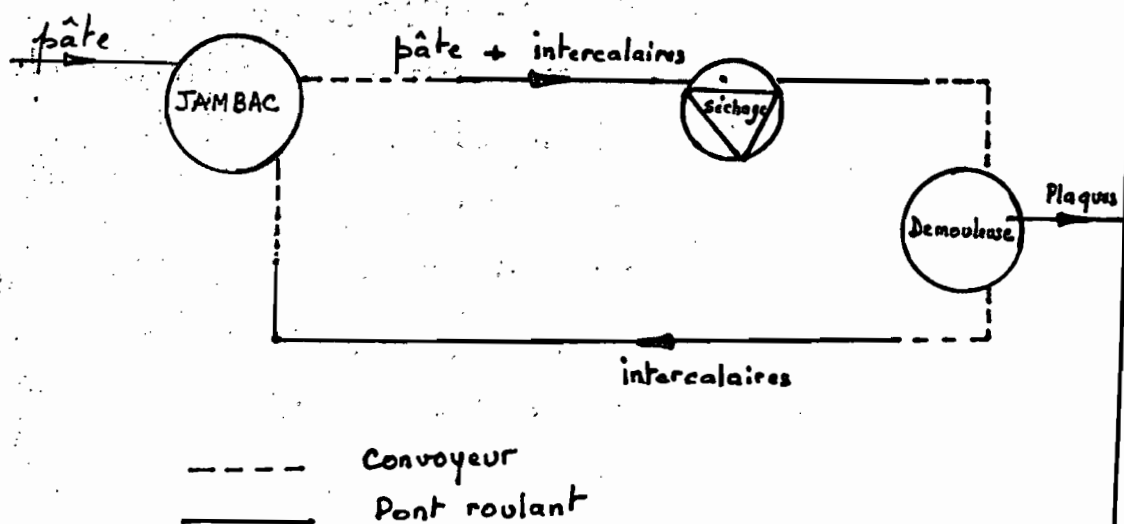
Autrement dit l'arrêt dans le circuit d'intercalaires ne produit pas immédiatement un arrêt de la production et c'est en ce moment qu'il faut mettre deux plaques par intercalaire pour profiter de ceux qui sont déjà en place.

Cette solution, bien que bonne pour les bris de petite durée dans le circuit intercalaire, laisse le problème entier pour des pannes de plus grande envergure —

Notons aussi que la mise en commun de deux plaques lors du séchage ne donne pas les mêmes valeurs de résistance finale que si c'était une plaque entre deux intercalaires.

En tout cas, cette recommandation qui date du 4 Novembre 83 n'a pas sensiblement diminué les arrêts de production dus au 'manque d'intercalaires'. c'est pourquoi, il est nécessaire d'ébaucher une solution parallèle qui tiendrait compte de la durée aléatoire d'un bris dans le cheminement intercalaires.

Ce circuit se présente comme suit :



Ce schéma montre que les pannes pouvant occasionner un manque intercalaires sont de deux types :

- dans le transport : panne convoyeur ou pont roulant
- à la démouleuse : panne mécanique ou électrique ou autres difficultés (collage) -

Dans le chapitre II, nous avons établi l'inventaire de l'ensemble des 'manques intercalaires' (données disponibles dans les 'cahiers d'arrêts' de la SENAC) et une approche plus précise permet de résumer les causes comme suit, conformément à la conclusion mentionnée ci-haut.

Marche en 2 postes -

Causes	Panne à la démouleuse	collage	Pont roulant convoyeur	non spécifiées
Temps (min.)	325	100	40	0
Temps (%)	69.9	21.5	8.6	0

Marche en 3 postes .

Causes	Panne de la démouleuse	Collage à la démouleuse	Pont roulant convoyeur	non spécifiées
Temps (min.)	115	344	39	24
Temps (%)	22	55.9	7.5	4.6

Ce qui donne donc les causes du 'manque intercalaires' ainsi que leur importance relative -

En 3-postes le manque intercalaires est essentiellement dû au collage (65.9%) qui a lieu quand la plaque colle à la tôle.

Donc en 8 h. de travail, le collage provoque en moyenne

$$65.9\% \left\{ 22\% (13\% \times 8 \times 60) \right\} = 9 \text{ min. d'arrêt.}$$

où

13% : pourcentage de temps improductif par rapport au temps d'activité

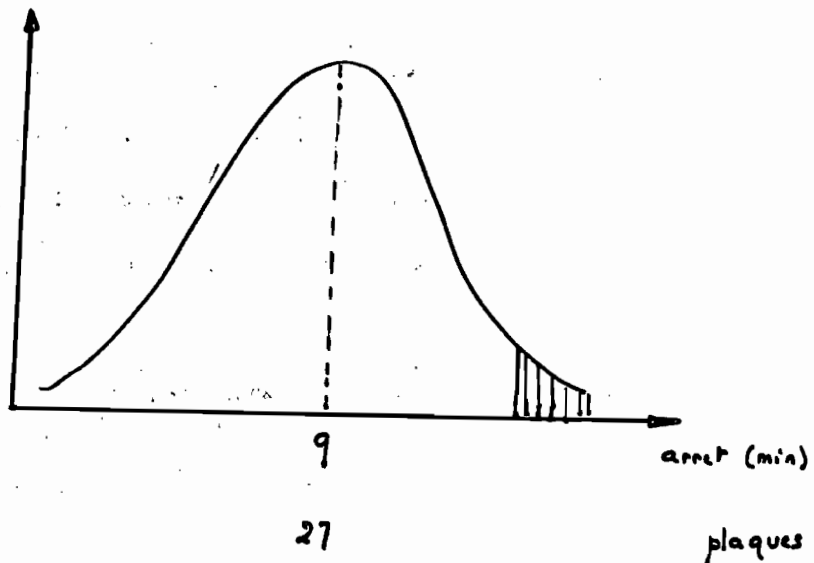
22% : pourcentage d'arrêts occasionnés par 'manque intercalaires' par rapport au temps improductif total.

65.9% : importance du collage dans les causes du 'manque intercalaires'.

Le collage est presque inévitable. Car il dépend presque essentiellement des conditions de séchage naturel, dont la maîtrise demanderait des infrastructures qui il n'est pas nécessaire d'évoquer compte tenu de l'investissement qu'elles appelleraient. La solution la plus économique serait d'acheter un nombre d'intercalaires qui pourrait absorber cet arrêt moyen. Ainsi au moment du collage ce nombre d'intercalaires serait déjà au plan incliné de la démouleuse, peut à être utilisé de sorte que la période du collage n'aura pas d'effet sur la fabrication.

Ce raisonnement demeure valable en 2 postes, mais étant donné que le pourcentage de collage y est inférieur à celui des 3 postes, nous ne considérerons

que celui des 3 postes pour plus de sécurité -
 (bien que les 3 postes soient presque déconseillés,
 il est possible de produire pour une demande d'appoint)
 En supposant toujours, une plaque par 20 secondes, le
 nombre d'intercalaires en 9 min serait en moyenne de 27.



Pour résorber ce collage à :

\bar{a}	98%	il faut plus de 50 intercalaires.
\bar{a}	90%	il faut en moyenne 42 intercalaires

Cependant l'achat de 27 intercalaires suffirait
 à atténuer ce problème. Il serait davantage plus
 économique de remettre à neuf les intercalaires pour
 déclassés par déformation ou par irrégularités dans
 l'ondulation. Cette dernière solution constitue la
 solution proposition en ce qui concerne le collage -

Dans cette partie des 'manque intercalaires' seul le collage ne dépend pas de la politique d'entretien de l'entreprise. Les pannes du convoyeur, du pont roulant ou de la demouleuse sont en effet directement liées à l'entretien et ce fait seront traités dans le ^{sous} chapitre qui suit.

III-3 Entretien

Dans la première et deuxième partie de ce chapitre nous avons abordé deux causes des arrêts de production occupant les 41% du temps improductif et non liés à l'entretien. En dehors de cela, l'origine des arrêts de production est plutôt technique et dépend en définitive de la qualité de l'entretien ou de sa gestion d'une manière générale.

Le problème fondamental à la SENAC est que l'entretien est curatif exclusivement, de sorte qu'aucune prévision ne peut être faite sur l'éventualité d'une quelconque panne -

Or seule la prévision judicieuse de ces bris peut éviter bien des arrêts et assurer donc la disponibilité des équipements -

Cette prévision demande nécessairement une connaissance de l'équipement (fiche technique), des probabilités d'avarie et des fonctions de survie ... tout une série d'informations qui permettront de prendre la bonne décision quant au remplacement, au maintien ou la conduite à tenir vis-à-vis d'un tel élément -

III-3-1 Collecte des données -

Pour mener l'entretien à bien il est nécessaire de connaître toutes les activités d'entretien concernant une unité depuis sa mise en service. C'est dans ce but, que chaque unité doit avoir une fiche technique pour rendre disponibles ces informations à tout instant.

Dans cette fiche, doivent figurer, en dehors des renseignements généraux, les informations d'exploitation telles que la date d'un entretien, les pièces qui ont été changées, la cause de l'entretien curatif ou préventif, le temps total d'arrêt de l'élément, ainsi que le coût de l'entretien.

Notons que toutes les causes citées au chapitre II provoquent des arrêts de production et ont de ce fait la même côte d'alerte et qu'un code de priorité n'est donc pas nécessaire (code COBRAS par exemple).

Je propose la fiche suivante :

Naturellement cette façon de prendre les données vise un double objectif : le premier est de suivre la fréquence et la nature des bris sur les équipements afin de pouvoir en tirer une relation fonctionnelle qui permettrait de prévoir les pannes, le deuxième objectif est de suivre l'évolution des remplacements sur un même équipement et d'évaluer donc son efficacité dans la fonction qui lui est assigné -

Par contre son but n'est pas de produire des rapports quotidiens contenant toute l'information disponible sur l'entretien mais seulement à travers ces fiches, on devrait pouvoir concevoir des rapports d'exception contenant que l'information déclencheuse d'action (indices déclencheurs de décision) - (Gestion par exception de Joseph Kelaba, Hautes Etudes Commerciales, Montreal) car bien des systèmes conçus avec merveille sont absolument inefficaces du fait du volume de l'information -

III-3-2 Stratégie de remplacement.

La connaissance parfaite des péripéties de fonctionnement d'un équipement facilite la réalisation de la stratégie de remplacement (et par conséquent d'approvisionnement) qui demeure en réalité le point le plus important -

En général, tout équipement peut s'identifier dans les deux catégories suivantes :

classe 1: les éléments uniques dans leur genre et en général, accomplissant une fonction particulière. c'est les 'équipements uniques'

Classe 2: Plusieurs équipements du même type accomplissant, chacun, la même fonction que les autres - c'est les 'équipements multiples'

Deux méthodes seront élaborées, et dépendamment du cas où on se trouve (classe 1, ou classe 2) on disposera d'un outil adéquat pour décider, économiquement, de son remplacement ou de sa remise à neuf -

Pour la classe 2 -

On a plusieurs éléments ayant la même fonction. Soit $N(0)$; le nombre de pièces initialement mis en service. (c'est une constante).

$N(t)$: le nombre de pièces (ou équipements) non remplacés et en bon état de fonctionnement

En traçant la courbe $r(t) = \frac{N(t)}{N(0)}$ en fonction du temps, on obtient la courbe de survie qui donne l'allure des remplacements et renseigne efficacement sur la politique d'approvisionnement et par conséquent de gestion de stock des pièces ou équipements de rechange —

Cependant l'information la plus importante que cela donne est sans doute la probabilité d'avarie. La probabilité d'avarie rend compte du risque à prendre en maintenant un équipement en fonctionnement jusqu'à l'instant t , quand celui n'a pas eu d'avarie jusqu'à l'instant $(t-1)$.

Cette probabilité est

$$P_e(t) = \frac{P_r(t-1 \leq T < t)}{P_r(T > t-1)}$$

On montre que (1) :

$$P_e(t) = 1 - \frac{N(t)}{N(t-1)}$$

où $N(t)$ = nombre d'éléments n'ayant pas d'avarie à t

$N(t-1)$ = nombre d'éléments n'ayant pas d'avarie à $(t-1)$

L'évaluation de ce risque permet de remplacer un élément à temps, avant qu'il ne crée un arrêt de la fabrication -

C'est là où se pose le problème de remplacer un actif avant qu'il ne soit complètement usé, ce qui semble contredire le précepte d'« économie » si précieux.

(1) : Methodes et Modèles de la Recherche Operationnelle
par A. KAUFMANN. (Tome 1)

(2) : Collection 'L'économie d'entreprise'

Une des raisons de cette hésitation est que la décision de remplacer, une fois appliquée, devient irréversible et les conséquences sont subies par l'entreprise. Alors que, par contre, continuer à utiliser l'actif est une décision qui peut être modifiée en n'importe quel moment dans le futur.

Cependant ces sentiments perdent de vue l'analyse économique qui pourrait, sans faille, produire une décision réfléchie.

Ainsi l'on hésite entre remplacer un équipement ou non, quand la probabilité d'accident aura donné l'alerte, on procède comme suit: (méthode importante) (cf significations des lettres utilisées à la page suivante):

Équipement I (équipement existant à l'entreprise)

- taux d'intérêt: i en %

- coût annuel d'opération ----- C_1 (CFA)

- Si la machine (ou équipement) I est conservée, on perd P_1 en capital soit une annuité de A FCFA pendant

R années ----- A (CFA)

(R : reste à vivre de l'équipement I).

- Coût équivalent annuel ----- $C_1 + A$ (CFA)

Équipement II (celui qui pourrait remplacer).

- taux d'intérêt: i en %

- Coût annuel d'opération ----- C_2 (CFA)

- Coût annuel équivalent à l'investissement ----- C_i

Coût annuel équivalent ----- $C_2 + C_i$

Si nous appelons, le coût annuel équivalent de l'équipement I par CAE_1 et le coût annuel équivalent de l'équipement II par CAE_2 , voilà les deux décisions possibles

(1) $CAE_1 < CAE_2$: la machine ou l'équipement I ne devrait pas être remplacé, en le remplaçant on perdrait $(CAE_2 - CAE_1)$ F CFA par année pendant R années.

La machine I n'est pas remplacée.

(2) $CAE_1 > CAE_2$ il faut remplacer l'équipement I par l'équipement II, puisqu'en le faisant on gagne $(CAE_1 - CAE_2)$ F CFA par année pendant les R années à venir.

Voilà donc une méthode précise et efficace.

Dans la méthode :

- i en % ; taux d'intérêt de la banque où la SENAC garde son argent habituellement.
- C_1 : coûts de maintenance, d'entretien... en somme les coûts d'opération par année de la machine I
- P_1 : la valeur actuelle de la machine I, c'est à dire s'il fallait la remplacer combien est-ce qu'on pourrait la revendre? à P_1
- R : reste à vivre de la machine I - soit la durée de vie de l'équipement I moins le nombre d'années déjà vécues.

- A : annuité (serie de versements égaux effectués à des intervalles de temps égaux -)

$$A = P_i \times \frac{a}{R} \Big| i (\%)$$

$$A = P_i \times \frac{1 - (1+i)^{-R}}{i}$$

Pour l'équipement II

- $i\%$ c'est le même taux d'intérêt
- C_2 : coût annuel d'opération pour l'équipement II (coût d'opération, tel que défini pour l'équipement I).

• C_i : coût annuel équivalent à l'investissement l'équipement II, qui, éventuellement, va remplacer l'équipement I, à un certain coût d'achat M , et une valeur de rebut (valeur à la fin de sa vie) N .
 $(M-N)$ est le coût réel donc de l'équipement II, c'est l'investissement. C'est cet investissement qu'il faudrait traduire en serie de versements égaux à intervalles de temps égaux, c'est à dire en annuité, pour la durée d'où devie de l'équipement II, d'où :

$$(M-N) = C_i \frac{a}{D} \Big| i\%$$

où D est la durée de vie de l'équipement II

c'est à dire $C_i = (M-N) \frac{S}{D} \Big| i\%$

$$C_i = (M-N) \frac{(1+i)^D - 1}{i}$$

Notons que $\frac{a}{R} | i = \frac{1 - (1+i)^{-R}}{i}$

et $\frac{S}{D} | i\% = \frac{(1+i)^D - 1}{i}$ sont des

valeurs que l'on retrouve dans les tables (par exemple Weston - Brigham : Gestion Financière)

En résumé, nous dirons donc que nous disposons de méthodes efficaces pour orienter notre décision de remplacer ou de maintenir un équipement. Rappelons que pour cette classe 2 (équipements de même nature, accomplissant la même fonction), la probabilité d'avarie, qui rend compte du risque encouru en laissant en fonctionnement un équipement jusqu'à l'instant t alors que celui-ci n'a pas eu de pannes jusqu'à $t-1$, cette probabilité d'avarie donc est un outil important pour la décision de remplacement.

Par ailleurs, cette dernière méthode que l'on vient d'établir qui est une comparaison entre la valeur de l'actif présent et l'actif devant remplacer, est une méthode aussi valable dans le cas des éléments de la classe 1 (Seul équipement dans sa nature et accomplissant une fonction particulière) → par conséquent nous ne la répéterons pas dans les procédures de décision de remplacement de la classe 1.

Je suggère très fortement que cette méthode soit utilisée dans la perspective de remplacement de la démouleuse par une nouvelle.

b/ Classe 1

C'est les équipements uniques, c'est à dire, des équipements qui ne font partie d'aucun lot d'équipements de même nature et accomplissant la même fonction -

Pour ces équipements particuliers plusieurs méthodes ont été élaborées, nous prendrons celle qui nous paraît la mieux adaptée, c'est à dire la programmation dynamique, qui d'ailleurs permettra de résoudre bien d'autres questions liées à la gestion de l'entreprise, en permettant une évaluation précise de chaque étape de son évolution.

Pour chaque équipement, nous devons avoir le tableau suivant :

Age	1	2	3	-----	$n-2$	$n-1$	n'
coût d'opération	x	x	x	-----	x	x	x
Valeur de mise en neuf	x	x	x	-----	x	x	x

n' : durée de vie de l'équipement à étudier -

On appellera :

- étape m : l'année
- état i : l'âge de la machine -
- k l'action : réparer et remise en neuf action 1
remplacer action 2 -
- Paiement r : coût associé à l'action k , lorsque l'âge de la machine est i $r(k, i)$

Valeur optimale d'un état : coût total encouru lorsque le système commence dans l'état (n, i) et lorsqu'un plan optimal est suivi $V(n, i)$

On appellera aussi

• équation de récurrence :

$$V(n, i) = \min_{k \in K} \{ r(i, k) + V(n-1, j) \}$$

$k \in K$ ensemble des actions possibles

• équation de transition :

$$j = \begin{cases} 1 & \text{si } k=1 \\ j+1 & \text{si } k=2 \end{cases}$$

• équation des paiements

$$r(i, k) = \begin{cases} 20 - Ri & \text{si } k=1 \\ ei & \text{si } k=2 \text{ (remplacer)} \end{cases}$$

• Valeurs terminales. $V(0, i) = -Ri$

L'algorithme de résolution de ce système qui permet d'avoir l'année optimale pour le remplacement, en tenant compte des coûts d'opération (entretien, maintenance ...) tout au long de sa durée de vie, s'appelle l'algorithme des valeurs itératives.

le processus de résolution est le suivant :

Phase I : recherche de la solution optimale -

- 1 - établir les valeurs frontières $V(0, i)$ pour tout i et placer $n = 0$
- 2 - Passer à l'étape $n = n + 1$ et placer $i = 0$
- 3 - Examiner l'état $i = i + 1$ et placer $k = 0$
- 4 - Sous l'action $k = k + 1$, calculer

$$V(n, i, k) = r(n, i, k) + V(n-1, j)$$
 où $j = f(n, i, k)$.
- 5 - Si cette solution est la meilleure en date, définir $V(n, i) = V(n, i, k)$ et considérer k comme étant l'action optimale (remplacer ou remettre à neuf, ce qu'on cherche) pour l'état (n, i) -
- 6 - S'il y a des actions à étudier → retourner à 4 sinon continuer à 7
- 7 - S'il reste des états à considérer → aller à 3 sinon continuer à 8
- 8 - S'il y a des étapes à parcourir → allez en 2. sinon continuer en phase II

Phase II : Identification du plan optimal -

- 1 - Débuter à l'état (n, i) où i est l'état de départ
- 2 - Noter l'action k^* pour l'état (n, i) et placer $n - 1$
- 3 - Déterminer l'état suivant par l'équation de transition soit $f(n, i, k^*)$.
- 4 - Si $n = 0$ terminer sinon aller en 2.

De façon plus pratique, ce tableau donne le plan optimal de remplacement. En effet lorsqu'il sera rempli par la méthode sus-mentionnée (des valeurs itératives) il suffira de passer d'une étape et à une autre en considérant les valeurs minimums (ou optimales), le départ étant l'état initial.

Ce cheminement ainsi décrit donne la politique et le coût à l'étape n donne le coût minimum encouru -

En résumé à cette gestion de l'entretien on dira, qu'il s'agit de voir en premier la classe de l'élément, classe 1 ou classe 2, et dépendamment de cette dernière on utilisera la méthode adéquate pour décider de son remplacement ou de sa remise à neuf. Les probabilités d'avarie nous guideront s'il s'agit d'un ensemble d'éléments de même type exerçant la fonction, et dans l'autre cas, celui des équipements uniques la comparaison des valeurs présentes de l'actif permet de prendre la bonne décision.

Cependant certains éléments-clés de la production doivent bénéficier d'une attention particulière, parmi eux là le compresseur qui est le cerveau de l'usine car la 'JAMBAC' et la demouleuse sont essentiellement pneumatiques et sans cet air donc la production est immédiatement arrêtée, c'est pourquoi, nous proposerons un planning d'entretien du compresseur

III-3-3 entretien du compresseur.

Le compresseur est l'un des éléments clef de la production. L'indisponibilité de celui-ci bloque automatiquement la fabrication car la 'JAMBAC' qui coupe et ondule les plaques ainsi que la Démouleuse qui repare plaques et intercalaires sont des équipements à fonctionnement essentiellement pneumatique. Compte tenu donc de sa position névralgique dans l'usine et malheureusement de son pourcentage fort élevé (8,5%) d'arrêts, nous l'étudierons spécialement.

L'entretien du compresseur se situe à 2 niveaux

- preventif: ou le contrôle systématique et périodique du graissage, de l'usure normale, des réglages, de l'échauffement des organes mécaniques et de l'air refoulé, du refroidissement
- Curatif: les réparations des organes accidentés ou usés anormalement par entretien insuffisant, erreur de manœuvre, surcharge

Rappelons que l'établissement d'une fiche signalétique facilite grandement ce travail et permettra en outre de déterminer le prix de revient du m³ d'air comprimé -

L'entretien préventif du compresseur -

les mesures d'entretien préventif comportent :

- a) l'installation des dispositifs de sécurité
 - sécurité de la température de refoulement (Thermocontact, Thermostat)
 - sécurité sur débit d'eau de refroidissement
 - sécurité sur température d'eau de refroidissement
 - sécurité sur l'élévation excessive de pression (soupape de sûreté) -
 - sécurité sur baigne de pression et sur pression huile
 - b) l'observation des règles d'installation (déjà faite)
 - c) le gainage rationnel
 - d) Les opérations périodiques de contrôle et de surveillance.
- e) c'est ce dernier point qui constitue le plus important et nous parlerons de ces opérations en cours de fonctionnement.

(Preventif): En cours de fonctionnement, contrôler périodiquement :

1/ le graissage en opérant à une cadence de :

- 2 ou 3 heures la vérification de la pression d'huile.
- 8 à 10 heures Celle des niveaux d'huile.
- 300 à 500 heures, le vidange du carter et le nettoyage des filtres à huile.
- 2000 heures, le nettoyage et le rinçage du carter, de la pompe à huile, du graisseur mécanique.

2/ le circuit d'air avec une périodicité de :

- 2 à 3 heures pour le contrôle de la température et de la pression de refoulement.
- 8 à 10 heures pour la purge du réservoir, des séparateurs, des points bas de la tuyauterie (fonctionnement continu supérieur à 8 heures).
- 200 à 300 heures pour le nettoyage des filtres d'aspiration pour vérification des soupapes de sécurité.
- 500 heures pour la vérification de l'étanchéité des clapets, du système de régulation et de décompression et pour le nettoyage du reniflard.
- 1000 heures : démonter et nettoyer (eau + savon seulement) les clapets. Opération importante qui permettra suivant l'état des disques de tirer des enseignements sur la qualité du graissage =
 - * disques propres et légèrement gras : bon graissage - bonne huile.
 - * disques blancs et secs : graissage insuffisant

- * disques abondamment recouverts d'huile : excès de lubrifiant
- * disques recouverts de dépôts de calamine; (bleuis) : emploi d'une huile non appropriée -
- 2000 heures : nettoyage des organes de régulation

3/ le refroidissement

x par ventilateur, toutes les 2000 heures, vérifier toutes les composantes de la ventilation (courroie ventilateur, pâles ---)

x par eau : pompe à eau, circuit d'eau toutes les 1000 heures -

4/ le fonctionnement des dispositifs de sécurité est à vérifier toutes les 150 heures -

5/ Une révision générale est conseillée toutes les 5000 heures (toutes les années).

En raison de 16 heures de fonctionnement par jour (quelques fois 24), 20 jours dans le mois et 11 mois dans l'année (planning d'activité de la SENAC), on peut mettre sur pied toutes les dates auxquelles se feront ces diverses opérations -

Après cet entretien préventif, nous passons au curatif, pour voir les causes possibles d'une anomalie éventuelle. De ce fait, à chaque brio correspondra, une approche déterminée -

Entretien curatif: réparations compresseur.

Diverses causes peuvent être à la base d'une anomalie de fonctionnement. D'autre part, minimiser le temps d'immobilisation requiert une connaissance de ces causes en vue d'établir un diagnostic rapide qui facilite la réparation.

Dans le tableau qui suit nous répertorions, pour chaque anomalie, les diverses causes possibles.

Nature de l'anomalie	Causes de l'anomalie
Échauffement anormal de l'air refoulé	a-b-d-e-f-g-h-i-k-l-n-p
Échauffement anormal des mouvements	k-p.
Échauffement anormal du moteur électrique	a-b-e-f-h-k-p-u
Puissance absorbée excessive	d-e-f-h-i-k-n-p
Pression maximale difficilement atteinte	a-b-h-i-n-p
Pression maximale de réglage dépassée	h-i-n-p
Insuffisance ou manque total de pression d'huile	k
Consommation excessive d'huile	c-d-e-j-l
Présence d'eau dans le circuit d'air	m
Présence d'air dans le circuit d'eau	q
Présence d'eau dans l'huile du carter	m
Bruit excessif, Vibrations anormales	h-i-g-r
Le moteur ne démarre pas	s-t
Le moteur s'arrête quelques sec. après démarrage	h-s-t
Le moteur s'arrête brusquement, en fonctionnement	h-q-s-t
-----	-----
-----	-----

les différentes causes symbolisées par les lettres de l'alphabet s'expriment comme suit :

a : consommation d'air supérieure aux prévisions
calcul débit d'air mal fait ou faussé par des informations erronées
mise en service d'un nouveau matériel à air

La machine sera donc en compression permanente et la montée de pression lente -

b : fuites excessives sur la distribution ou la canalisation

e : consommation d'air inférieure aux prévisions -

d : température d'aspiration excessive.

e : aspiration défectueuse (filtre colmaté ou conduite obstruée), la température augmente et remontée d'huile possible -

f : insuffisance de refroidissement

g : clapets non étanches dépôt de calamine sur les disques ou lamelles des clapets -

h : le dispositif de régulation est dérégulé -

i : incidents mécaniques sur le dispositif de mise en décompression

j : excès d'huile dans le carter

k : insuffisance de pression ou de débit d'huile -

l : Huile de caractéristiques non adaptées à la lubrification du compresseur.

m : condensation de vapeur d'eau et d'huile -

n : perte de vitesse du compresseur (par tension insuffisante des courroies.)

p : manomètre de pression d'air détérioré -

q : usures anormales, défauts mécaniques - (jeux - tolérances)

r : défauts de montage ou déscollement des supports de canalisation

s : manque de courant d'alimentation (vérifier l'alimentation à partir des armoires).

t : Déclenchement de l'un des dispositifs de sécurité

u : échauffement du moteur électrique qui peut être causé par diverses causes dont les causes électriques mêmes (tension grande ou petite à ses bornes, température élevée pour la classe du moteur, mauvais contacts aux bornes, résistances de démarrage grillées, balais usés ---).

L'application judicieuse du planning d'entretien préventif du compresseur ainsi que la connaissance de l'ensemble des causes d'anomalie de fonctionnement permettront de limiter les pannes du compresseur.

Chapitre IV : Pertes de Fabrication

Les pertes de fabrication, telles que nous les aborderons, se limitent à la mauvaise pâte et non à des défauts de qualité sur la plaque finie. Après l'évaluation de la proportion de pâte passant au délayeur, nous tenterons dans ce chapitre d'y apporter des solutions. Ces pertes sont dues essentiellement à des défauts d'épaisseur, au collage feutre, au "gonflage" aux cylindres, au mauvais retour, à la fausse manœuvre etc... Hormis ces deux dernières qui relèvent de la vigilance de l'ouvrier (le coupeur), toutes les causes ne sont que la manifestation d'un seul et unique phénomène : la disproportion de la matière (Amiante - Ciment) dans les bacs par rapport à l'eau. Pour avoir tenté l'expérience pendant une semaine comme coupeur, j'ai pu apprendre et recevoir plusieurs informations à ce sujet, informations qui, malheureusement, ne se recoupaient pas d'un ouvrier à un autre. Cependant, la certitude est qu'ils utilisaient tous le même moyen pour résoudre le problème de la mauvaise pâte, quand elle arrive : faire varier le débit de matière à la sortie de la citerne. Ce qui explique d'ailleurs le poste de 'régleur' à la citerne. Le régleur reçoit un signal du coupeur qui lui signale (ils ont un code de signaux pour pouvoir communiquer dans le vacarme) l'état de la pâte (trop forte ou trop faible), ou s'il y a gonflage ou autre.

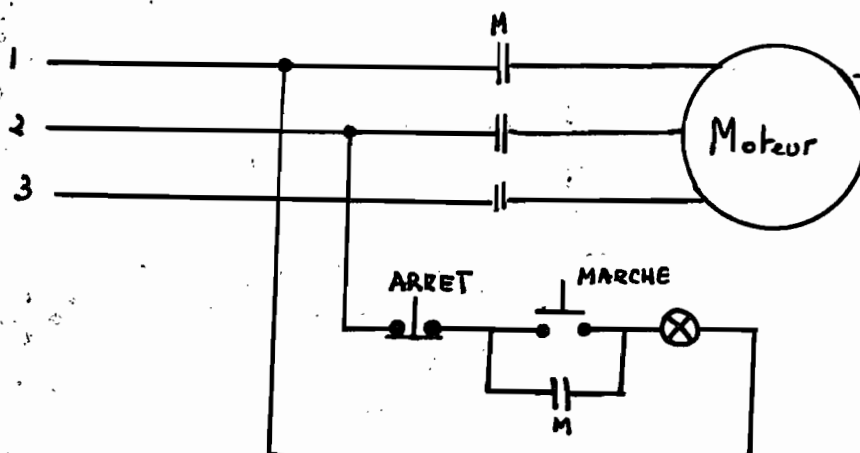
Le premier point où la quantité de matière requise peut défaillir est au niveau des pesées faites par les ouvriers de la préparation même. Les pesées faites à la sortie de la pompe vis (du broyeur au laveur) sont donc imparfaites et il s'agira de les améliorer.

Le deuxième point est au niveau de la citerne même où le rajout des produits du délayeur influencera la proportion requise à ce niveau. C'est d'ailleurs à ce niveau que la proportion - référence doit être maintenue afin que l'addition d'eau (débit constant) donne la proportion définitive désirée au niveau de chaque bac.

IV-2. Solutions proposées

a) élimination des pesées.

Le moteur de la pompe vis est muni d'un système marche - arrêt dont le schéma simplifié est.



⊗ : bobine des contacteurs M

L'ouvrier doit mettre une certaine quantité de matière au laveur (en kg). Cette quantité désirée sera en réalité la somme de plusieurs pesées faites sur des sacs. Pour cela l'ouvrier met le sac à la sortie de la pompe et appuie sur **MARCHE**, quand il aura obtenu, au jugé, la quantité pour le sac, il appuie sur **ARRET** et pesera à la bascule la quantité ainsi obtenue, et fera ensuite les réajustements nécessaires.

Ce qu'il convient de faire pour pallier à ce problème c'est d'établir un système de transport entre la vis et les laveurs (4 m. max.) et de relier le bouton **ARRET** à une minuterie, ce qui permettrait d'alimenter directement les laveurs avec la quantité de matière désirée.

Le responsable de l'entretien m'ayant assuré que les réalisations pratiques des solutions ne posent pas de difficultés, je me limiterai à l'élaboration générale du système.

En effet connaissant le débit de la pompe-vis (ainsi que la masse volumique de la matière déjà établie) on peut déterminer en combien de temps il passera une quantité désirée de matière entre la vis et un laveur.

soit M cette quantité en kg

et \dot{m} le débit (massique) de la pompe vis (kg/h)

$$M/\dot{m} = T_{\frac{60}{600}} \text{ (sec.) } \text{ temps pour lequel sera}$$

réglée la minuterie qui actionnera **ARRET** pour arrêter la pompe vis.

$$M = 8 \text{ pesées de } 22 \text{ kg} = 176 \text{ kg (un laveur)}$$

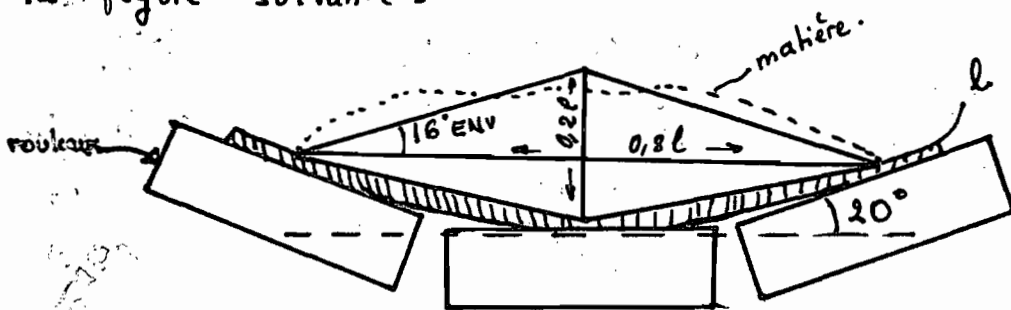
$$\dot{m} = \rho (0.9 d^2 p \omega) \quad . \text{ (kg/hre)}$$

ou ρ : masse volumique de la matière après broyage
 d : diamètre spire, en dm, p : pas spires en dm
 et w : vitesse angulaire en tours/sec.

design du transporteur (1)

- transporteur à bande (voir ETAPERU SA inc. BP 112 DAKAR) : demander utilisation ordinaire.
- soit Q le débit de l'élevateur à vis (pompe vis) en m^3/h

En prenant un angle d'auge de 20°
 la section occupée par la matière sur la bande
 est $S = 0,08 \ell^2 (m^2)$ ou ℓ est la largeur
 de la bande (400 mm : choix), comme le montre
 la figure suivante :



en approximant cette section par un losange, on obtient
 la valeur de S

• Si V est la vitesse du transporteur à bande
 on a $Q = S \cdot V = (0,08 \ell^2) V$
 d'où

(1) : Méthode de la Manutention mécanique (page 40, formulaire)

Mechelsesteenweg, 269 Anvers (Belgique).

Distributeur exclusif en FRANCE Technique et Documentation
 Lavoisier, 11 rue Lavoisier PARIS (8^e)

$$V = \frac{Q \text{ (m}^3\text{/h)}}{0.08 \text{ l}^2 \text{ (m}^2)} \quad (\Rightarrow \text{ m/h})$$

$$Q \approx 5 \text{ m}^3\text{/heure} \quad (Q = 0.9 \text{ pd}^3\text{w})$$

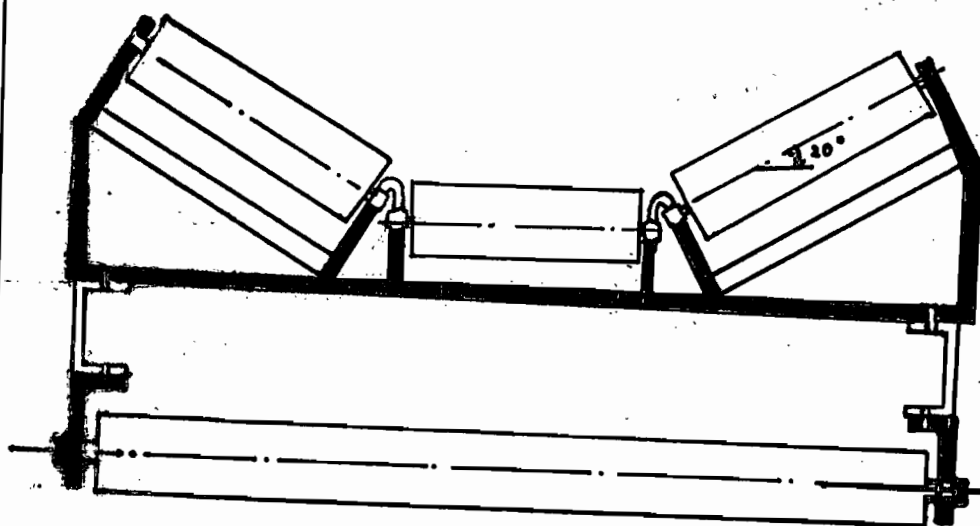
(valeur approximative car n'ayant aucune caractéristique sur la vis, nous l'avons mesuré par chronométrage à la préparation.) ; $l = 400$ millimètre..

$$\hookrightarrow V = 6,5 \text{ m/min}$$

avec la largeur de la bande, cela permet de choisir les rouleaux (Rouleaux PACK, Forges du Lignon 42130 - Boën s/Lignon - FRANCE)

choix: supports pour convoyeurs à bande type normal RLM20
support en auge : demande 20°
largeur de bande : 400 mm

le RLM 20, type normal se présente comme suit



les dimensions et la cotation sont incluses dans le choix.

Choix du moteur de tête.

Ce choix se limitera seulement à la puissance, les détails des conditions de fonctionnement, bien connues à la SENAC, seront laissés à la discrétion de l'installateur.

Poids de l'équipement mobile

station supérieure : 3 rouleaux $\times P_r$
 (Rouleaux PACK) $3 \times 5.420 = 16.26 \text{ kg}$
 station inférieure : 1 rouleau $\times P_r$
 $1 \times 5.729 = 5.729 \text{ kg}$

Poids bande

Kleber (cf ETAPERU) $10 \times (0.4 \times 5 \times 2.2) = 44 \text{ kg}$

Poids matériau (Amiante)

(Manutention Mécanique) $P = \frac{Q_p L}{3600 v} = \frac{(275 \times 60 \times 0.08) \times 5}{3600 (6.5/60)} = 17 \text{ kg}$
 $Q_p \text{ (kg/h)}$

 $\approx 83 \text{ kg}$

(Manutention Mécanique) $W = 0.04 \frac{P}{75} v \text{ (cv)}$

$$W = 0.04 \frac{(83)}{75} \times (6.5 \times 60) = 1.0288 \text{ cv.}$$

$$W = 1.04 \text{ cv.}$$

L'estimation du coût de l'installation à travers les divers équipements utilisés ne dépasse pas 150.000 F CFA (par laveur) et vaut bien les gains d'économie en main d'œuvre et en fabrication (pertes de fabrication).

b/ Régulation du débit citrine

Nous laissons ce dernier point à la discrétion du chef de l'entretien avec qui, nous avons discuté et trouvé une solution sur le terrain.

Conclusion.

Nous voilà au terme de notre étude, tout au long de laquelle nous avons tenté d'apporter la meilleure solution à chaque problème particulier.

Il s'agit de donner l'évaluation globale de l'ensemble des solutions et d'en estimer les incidences sur la santé de l'entreprise, préoccupation constante de ses responsables -

Certes la seule mesure valable des solutions est celle effectuée sur le terrain quand elles sont appliquées et suivies, mais au regard des résultats, réduction du temps moyen d'arrêt de production, avec les changements de programme et les 'manques intercalaires' qui chutent de plus de 80% par rapport à leur niveau antérieur, la politique d'entretien et de remplacement qui assurerait une meilleure disponibilité de l'équipement, on peut à juste titre s'attendre à un redressement assez notable aussi bien dans l'organisation du travail que dans les finances de l'entreprise -

Notre souhait est que cela constitue le tremplin d'études futures pour améliorer de manière continue l'efficacité de la production à la SENAE-ETERNIT.

Bibliographie:

Bureau international du travail . introduction à l'étude
du travail 2^e édition 1981.

A. KAUFMANN

Méthodes et modèles de
la Recherche opérationnelle tome 1
1972 .

J. QUINET

Probabilités et statistiques.

Notes de cours

Recherche Opérationnelle
(A. Martel).