

9/75
1/4

UNIVERSITE D'ALGER
ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

Département Economie.

المدرسة الوطنية للعلوم الهندسية
- المكتبة -
ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE
BIBLIOTHÈQUE

THESE DE FIN D'ETUDES

MODELE DE
PROGRAMMATION
DE LA
PRODUCTION
DES TUBES

المدرسة الوطنية للعلوم الهندسية
المكتبة
ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE
BIBLIOTHÈQUE

Proposé Par :
M^{re} STIRBU

Etudié Par :
MRS: ISMAIL.N
KERBACHI.O

PROMOTION

74-75

Que tous ceux qui ont contribué, de près
ou de loin, à notre formation trouvent ici
l'expression de notre gratitude.

Nous remercions en particulier M^{me} STIRBU
POUR sa sincère collaboration et les responsables
de la tuberie de SNS à Reghaia.

EXCLU DU PRÊT

الدرسة الوطنية للعلوم الهندسية

— المكتبة —

ECOLE NATIONAL POLYTECHNIQUE

BIBLIOTHÈQUE

SOMMAIRE

Page

INTRODUCTION

I- <u>DESCRIPTION GENERALE DE LA TUBERIE DE REGHAIA(SNS):</u>	
I-1 Description generale:	1
I-2 Specification du produit:	2
I-3 Processus technologique:	3
II- <u>METHODE ACTUELLE DE PROGRAMMATION DE LA PRODUCTION:</u>	
II-1 Structures et procedures employées:	5
II-2 Technique actuelle de programmation:	6
II-3 Insuffisances et possibilités d'amelioration:	9
III- <u>APPROCHE SCIENTIFIQUE DE PROGRAMMATION DE LA PRODUCTION/</u>	
III-1 Hypotheses simplificatrices:	10
III-2 Hypothéses de base:	10
III-3 Programmation linéaire:	15
III-4 Definition de l'objectif à remplir:	18
III-5 Contraintes du problemes	21
IV- <u>FORMULATION MATHEMATIQUE DU MODELE D'ORDONNANCEMENT DE LA PRODUCTION DES TUBES</u>	28
V- <u>RESOLUTION DU MODELE SANS LA CONTRAINTE DE MINIMISATION DE TEMPS D'INTERRUPTION:</u>	
VI- Les données utilisées:	29
VI- Resolution du modele par ordinateur:	30
VI- <u>INTERPRETATION DES RESULTATS:</u>	32
<u>CONCLUSION:</u>	34

I N T R O D U C T I O N

Le problème d'ordonnancement de la production est le plus épincieux des problèmes économiques rencontrés dans une entreprise. Ceci est d'autant plus vrai quand il s'agit d'une entreprise équipée, pour produire une gamme très variée de produits.

L'exemple de l'unité de production des tubes à Reghaia (S.N.S. ex : SOTUBAL) illustre bien ce genre de problèmes. C'est pourquoi, cette étude prend comme base la situation complète de cette tuberie, afin d'établir un modèle scientifique qui programme la production périodique des tubes.

Le but de cette étude est de fixer par mois la quantité et le type de tube que doit fabriquer chaque équipement (ligne gaz, atelier de filotage, atelier de galvanisation) sur la base d'un plan prévisionnel, annuel ou semestriel, de production.

La gamme de production mensuelle de tubes la plus intéressante, doit satisfaire le maximum de clients et assurer le chargement continu de tous les équipements.

Le choix du meilleur plan de production de tubes par mois se fait par la programmation linéaire. Il suffit pour cela de déterminer la fonction objective la plus significative sous les contraintes les plus réalistes. La structure des variables est la suivante : X_{TJ} : quantité X de tubes T à produire pendant le mois J .

Le problème est donc de déterminer les quantités des tubes par type dimensionnel et par assortiment à fabriquer mensuellement pour assurer un chargement continu des équipements, en satisfaisant le maximum de clients. Et ceci sur la base d'un plan prévisionnel, annuel ou semestriel, de production de l'usine et les productivité par assortiment et par diamètre de chaque équipement.

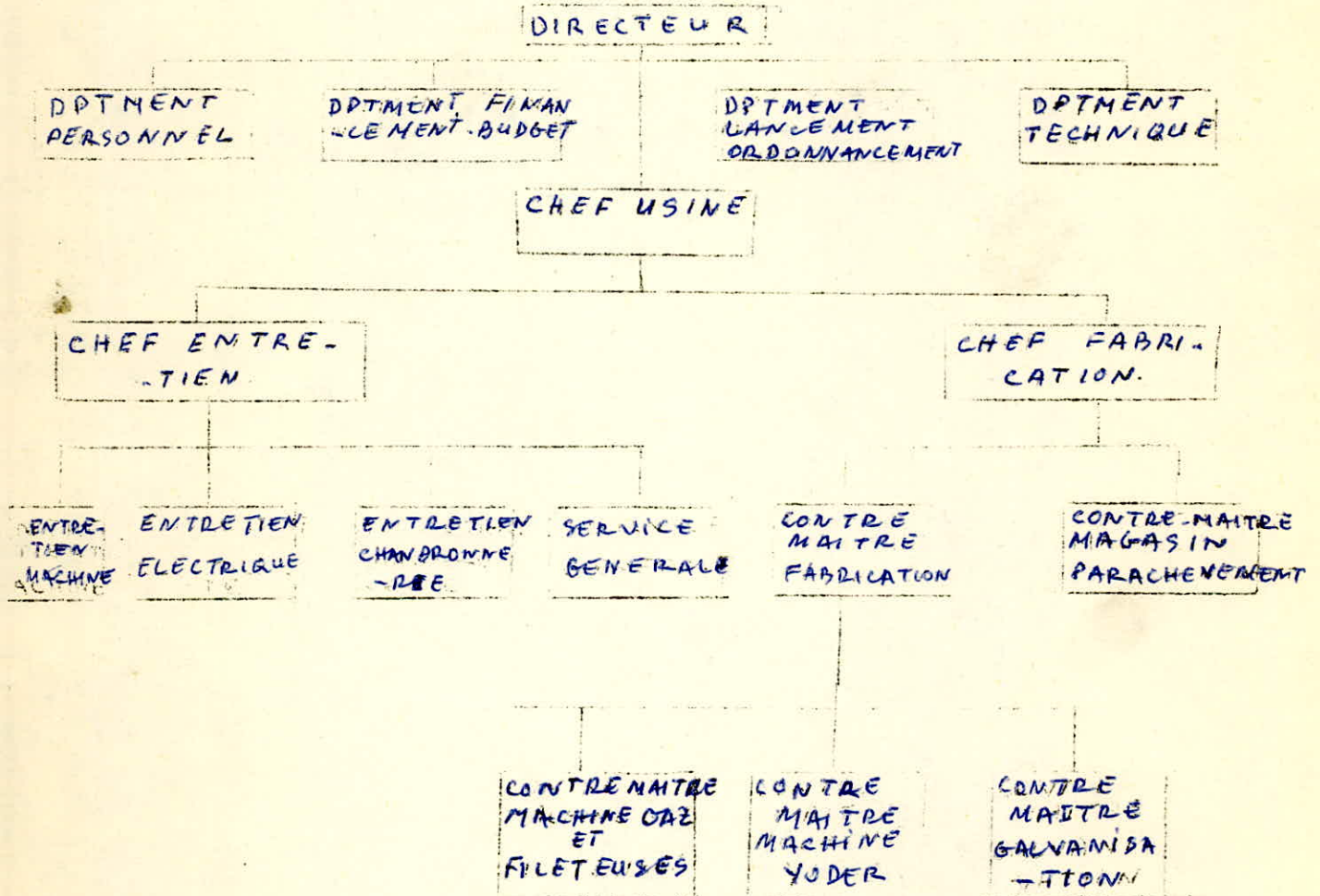
I DESCRIPTION GENERALE DE LA TUBERIE DE REGHAIA (S.N.S)

I-I Description générale :

La tuberie de la S.N.S. (ex : SOTUBAL) est implantée à Reghaia à environ 30 km d'Alger. C'est une unité de taille moyenne dont la production a atteint 35.000 tonnes en 1974. Elle est appelée à satisfaire une partie de la demande du marché national en (petits tubes) soudés longitudinalement. Les "gros tubes" sont fabriqués dans une autre unité - S.N.S. à Reghaia.

Le rythme du travail est maintenu par trois équipes. Chaque équipe assure la marche de l'usine pendant un poste (8 heures)

La structure d'organisation de la gestion se présente comme suit :



I-2-Specifications du produit:

L'usine en question produit des tubes soudés longitudinalement dont le diamètre extérieur est compris entre 17,2 et 60,3 mm. Le tube est fourni à une longueur commerciale fixe de 6 m. Il est obtenu à partir d'un feuillard laminé à chaud dont l'épaisseur est comprise entre 1,85 et 3,55 mm.

D'après la destination des tubes nous faisons une première distinction:

1 -Les tubes dits serrureries: dénomination commerciale 102,103

ces tubes sont destinés à des usages divers:

- Ameublement
- Gainés pour fils électriques et téléphoniques
- Matériels de camping
- etc...

Ils sont faits ronds, carrés ou rectangles. Les tubes carrés et rectangles sont obtenus à partir du rond soudé.

§ le rond est fourni dans ^{UN} le diamètre intérieur est compris entre 14 et 60 mm, avec l'épaisseur du feuillard entre 1 et 6 mm.

§ celui du carré est compris entre 16 et 45 mm.

§ le rectangle est produit dans la gamme aXb:

$$35 \times 20 \leq a \times b \leq 60 \times 34$$

2- les tubes dits gaz:

Ils sont au usage de transport de fluide à basse pression. CES tubes sont produits en deux séries:

- Serie légère: dont le diamètre extérieur est compris entre 17,2 et 60,3 mm et dont l'épaisseur est comprise entre 1,85 et 3 mm.
- Serie moyenne: dont le diamètre extérieur est compris entre 17,2 et 60,3 mm et dont l'épaisseur est comprise entre 2,25 et 3,55 mm.

REMARQUES

80 % de la production des tubes subissent un parachèvement suivant l'usage.

- Une galvanisation comme protection anti-corrosif
- Un filetage aux bouts pour les possibilités d'assemblage

La tuberie produit donc 4 sortes de tubes dans toute la gamme des diamètres indiqués ci-dessus

- Noir bouts lisses
- Taraudé manchonné galvanisé
- Taraudé noir manchonné
- Galvanisé bouts lisses

I - 3 PROCESSUS TECHNOLOGIQUE

L'unité dispose de deux lignes de production de tubes :

- La ligne GAZ : produisant les tubes GAZ.
- La ligne YODER: produisant les tubes serrurerie

Elle dispose aussi des équipements de galvanisation et de deux fileteuses qui assurent le parachèvement des tubes gaz surtout.

I - 3-I Ligne GAZ :

Elle travaille en continu . L'automatisation confère à l'ouvrier le rôle de commandement et de contrôle. On part d'une bobine laminée à chaud à une épaisseur et une largeur précise pour obtenir un tube fini prêt à l'expédition, ou un tube semi-fini prêt à aller aux ateliers de parachèvement puis à l'expédition.

Un dérouleur de bobine l'entraîne dans une formeuse à galets. Cette dernière rapproche les lèvres du feuillard tout en le gardant circulaire.

Une fois sortie de la formeuse, cette ébauche de tube est soudée à haute fréquence. Ensuite elle passe dans un four électrique. Un réducteur-étireur l'ajuste à la dimension voulue.

Une fois refroidi, le tube est coupé à l'aide d'une cisaille-guillotine mobile à la vitesse d'avancement du tube.

Le tube est rejeté sur un lit à mouvement lent pour se refroidir d'avantage. Enfin, pour effectuer le bavurage, le tube est fixé entre deux têtes distantes de six mètres, de mouvement circulaire. Après quoi, le tube est rejeté sur un banc en attendant de subir le test hydrolique. Le test consiste à fixer le tube entre deux têtes cylindriques d'où sort un jet d'eau à une certaine pression.

Toutes les opérations s'effectuent dans un processus continu à une vitesse déterminée selon le diamètre et l'épaisseur du tube.

I - 3 - 2 ligne YODER :

Le processus de la ligne GAZ reste valable pour la ligne YODER. Mais elle se distingue par le travail à froid. Donc elle n'est pas équipée de four électrique.

Les tubes sortant de la ligne YODER ne subissent pas de bavurage aux bouts ni d'essais hydroliques.

I - 3 - 3 Ateliers de parachèvement :

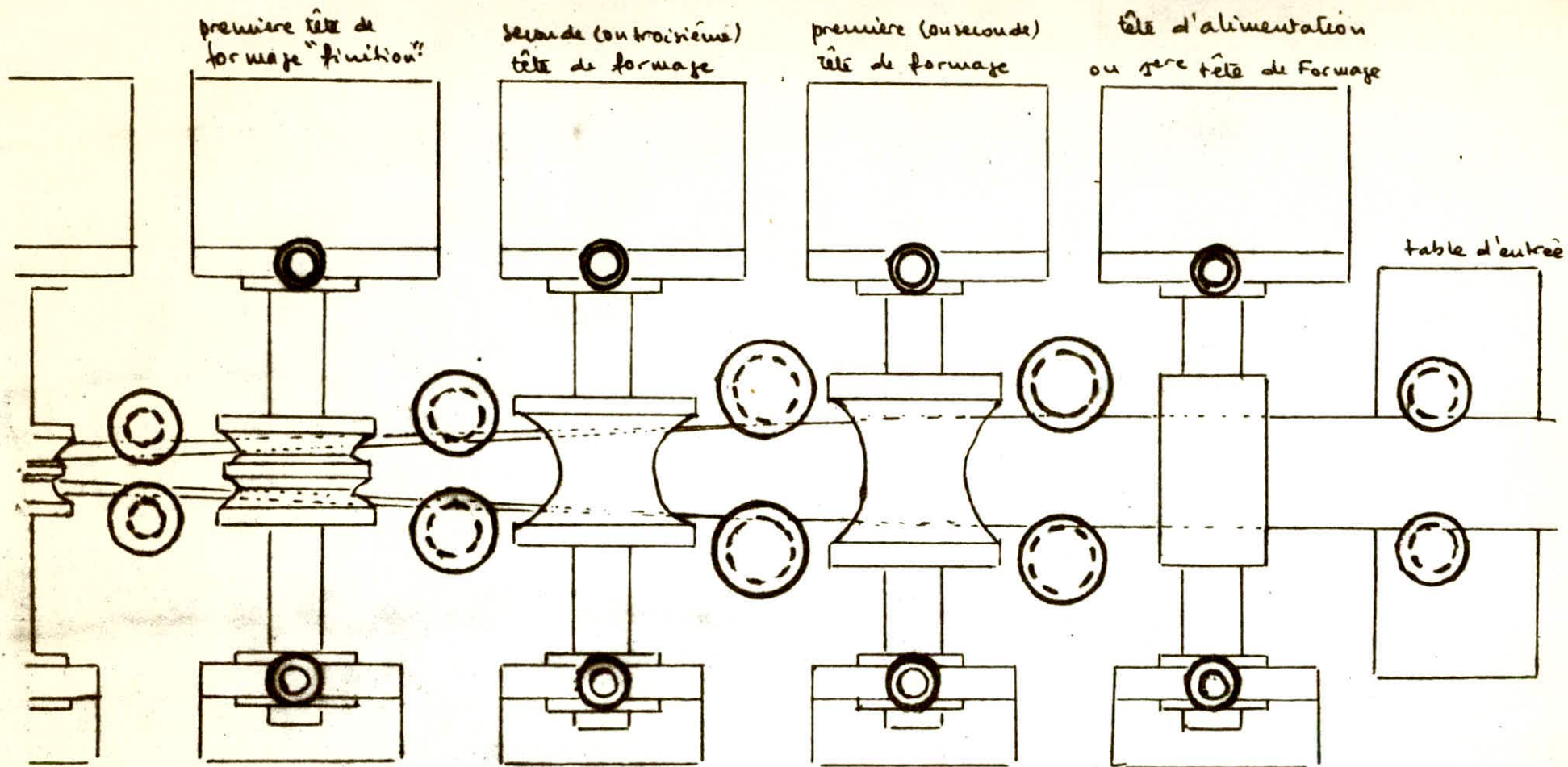
§ Equipements de galvanisation :

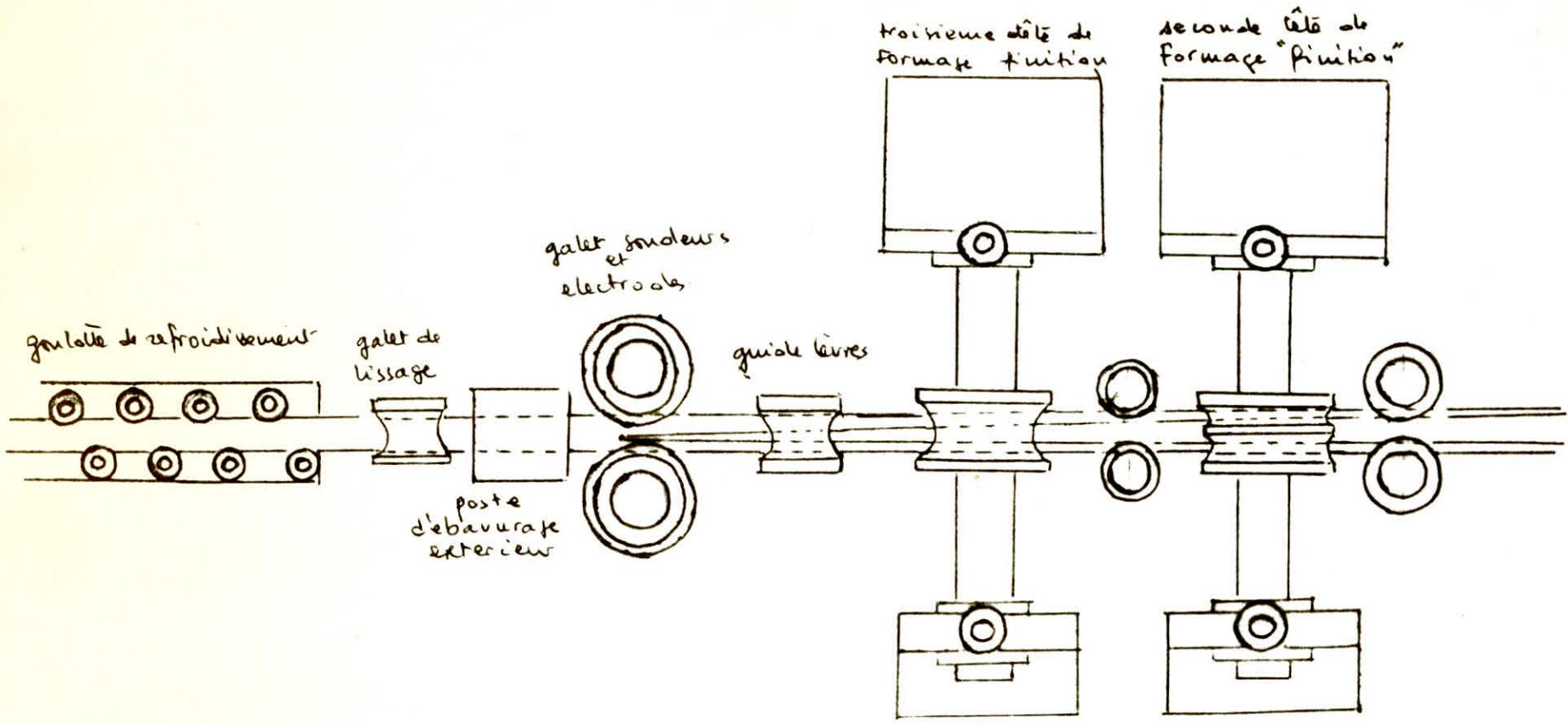
La galvanisation du tube le rend inoxydable. Elle consiste à recouvrir le tube d'une couche de zinc à chaud par l'immersion dans un bain de zinc fondu.

§ Equipements de filetage :

L'unité dispose de deux (2) fileteuses. Le filetage s'opère sur l'extérieur des deux bouts du tube.

L'assemblage des tubes est possible grâce aux manchons que l'on ajoute.





goulotte de refroidissement

galet de lissage

poste d'ebavurage exterieur

galet et rouleaux electrostat

guide verres

troisième tête de formage finition

deuxième tête de formage "finition"

II. METHODE ACTUELLE DE PROGRAMMATION DE LA PRODUCTION
SES LIMITES ET LES POSSIBILITES D'AMELIORATION

II.I - Structures et procédures employées :

La S.N.S. dispose d'un service central d'étude et de programme chargé d'établir périodiquement le programme de fabrication de toutes les unités.

Elle a en outre un service à l'usine, qui s'occupe du lancement et de l'ordonnancement de la production. Il veille aussi à une bonne utilisation des machines, par un suivi de programme. Il établit une actualisation du programme chaque mois suivant qu'il s'agit d'un retard ou d'une avance. Il donne les instructions et les informations en temps et au point voulus. Entre autres, il s'occupe de l'approvisionnement en matière première et en outils.

En fonction de ces facteurs, le service ordonnancement et lancement apportera des correctifs au programme établi.

La fabrication est destinée à approvisionner le stock SNS à travers le territoire National. Ces stocks sont les points de vente.

Les prévisions des demandes sur stocks par année constituent le volume global de la fabrication à prévoir pour l'année considérée.

Evidemment ceci est établi compte tenu de la capacité de production de l'usine.

Le programme de fabrication est établi après réunion entre le service central qui affiche une demande provisionnelle sur stock et du service programmation de l'usine qui annonce la capacité de production de l'usine.

II.2 - Technique actuelle de programmation -

Soit la demande suivante à programmer sur quatre mois (

Autrement dit 2004 H. de travail sur la ligne gaz.

DIAMETRE	QUANTITE EN TONNE
12 - 17	709
15 - 21	2.200
20 - 27	1.000
26 - 34	459
33 - 42	1.760
40 - 49	2.022
50 - 60	1.354

Le programme doit être établi en fonction de quatre critères :

- Satisfaire le maximum de clients
- Temps d'interruption dû à la modification de la ligne
- Disponibilité de la matière première
- Productivité de la ligne de fabrication suivant les diamètres.

II - 2 - I Satisfaire le maximum de clients

Il est souhaitable de produire chaque mois la majorité des diamètres demandés dans le souci de satisfaire un grand nombre de clients.

II - 2 - 2 Temps d'interruption dû à la modification de la ligne

Si la ligne de fabrication a fini de produire le diamètre 12 - 17 il est beaucoup plus intéressant de passer au diamètre 15 - 21, qu'à celui de 50 - 60. Ceci est dû au fait que la modification de la ligne est plus ou moins profonde d'un diamètre à un autre.

II-2-3 Disponibilités de la matière première:

Le lancement d'un programme suppose que la matière première et les outils sont disponibles à cet instant.

II-2-4 Productivité de la ligne gaz suivant les diamètres :

La capacité de production horaire de la ligne gaz diffère selon le diamètre des tubes à produire.

Les responsables ont établi un tableau standard de la productivité de la ligne.

Diamètres	Productivité de la ligne
12 -17	2,66 t/h
15 -21	3,92
20 -27	4,36
26 -34	5,30
33 -42	6,98
40 -49	6,99
50 -60	6,99

Quantites demandees en tonnes par assortiment et diametre par

Assortiments Diametres	NBL	TMG	TNM	Total
1 12 - 17	144	212	353	709
2 15 - 21	440	110	1650	2200
3 20 - 27	200	100	700	1000
4 28 - 34	112	45	302	459
5 33 - 42	529	173	1058	1760
6 40 - 49	809	101	1112	2022
7 50 - 60	474	203	677	1354
Total	2708	944	5852	9504

Supposons que la période considérée de quatre mois correspond aux mois de : juillet, aout, septembre, octobre.

PROGRAMME PASSE SUR LA LIGNE GAZ DE FABRICATION
PENDANT LA PERIODE DE JUILLET, AOUT, SEPT., OCT
COMPTE TENU DES QUATRES CRITERES CITES CI-DESSUS

Diametre	Date de fabrication		Tonnage des tubes
	Debut	Fin	
33-42	01 Juillet	04 Juillet	513
40-49	08 "	15 "	889
50-60	16 "	26 "	1.354
12-17	27 "	31 "	174
12- 17	1er Aout	13 Aout	531
15-21	14 "	30 "	1.118
15-21	02 Septembre	18 Septembre	1.082
20-27	19 "	30 "	808
20-27	1er Octobre	2 Octobre	192
26-34	03 "	08 "	449
33-42	09 "	22 "	1.250
40-49	23 "	31 "	1.134

II-3 Insuffisance et possibilité d'amélioration :

Seules, les lignes gaz et yoder, font l'objet d'une programmation. Les ateliers de galvanisation et de filetage subissent ce programme.

À la question de connaître les raisons de l'ignorance des ateliers de parachevement, un responsable nous répond qu'il est difficile de saisir la structure prévisionnelle de la demande des tubes par parachevement. Les parachevements s'opèrent sur commande.

Nous avons constaté, un goulot d'étranglement au niveau de l'atelier de filetage. Il est question de l'agrandir. Il devient très insuffisant.

Ce n'est pas notre avis, nous pensons qu'il est l'objet d'une mauvaise utilisation. En effet les ateliers de parachevement ne font pas l'objet d'une programmation en parallèle avec les lignes de fabrication.

Il serait très intéressant, d'établir un modèle de programmation de la production sur tous les équipements. Ce modèle doit tenir compte des débits des lignes de fabrication et des ateliers de parachevement.

III-APPROCHE SCIENTIFIQUE DE PROGRAMMATION DE LA PRODUCTION:

III-I- Hypothèses simplificatrices:

I- Seuls, la ligne gaz et les ateliers de parachevement font l'objet de programmation dans notre étude.

Nous ~~ne~~ considérons que la ligne YODER est indépendante des ateliers de parachevement. En effet, les tubes serrureries (de la ligne YODER) ne sont pas galvanisés. Une infime partie de ces tubes subit le filetage (les tubes ronds).

II- Sachant que les tubes gaz se distinguent en série légère et en série moyenne, nous ne considérons dans notre étude que la série légère. La demande des tubes de la série moyenne est très faible, voire même inexistante.

III- Pour la commodité des calculs et de la compréhension nous considérons une période de quatre (4) mois (Soient juillet, août, septembre, octobre).

Le programme passé sur la ligne gaz à cette époque (1974) est le document de base de cette étude. Il s'agit d'utiliser ces données dans notre modèle et de confronter les deux programmes.

Voire tableau: Page-8-

III-II- Hypothèses de base:

Quatre remarques importantes motivent la recherche d'un modèle scientifique de programmation de la production dans la tuberie de REGHAIA.

1- L'existence au niveau de l'usine d'une gamme très variée de tubes qu'elle peut fabriquer.

2- Les capacités maximales de production des équipements, par unité de temps, diffèrent selon que l'on fabrique tel ou tel tube de diamètre différent.

3- Les ateliers de parachevement, dependent de la ligne GAZ. Pour fileter ou galvaniser un tube, il faut le fabriquer sur la ligne gaz. UN tube nécessite donc une, deux ou trois operations, suivant le parachevement demandé.

une coordination des activités de tous les equipments, s'impose.

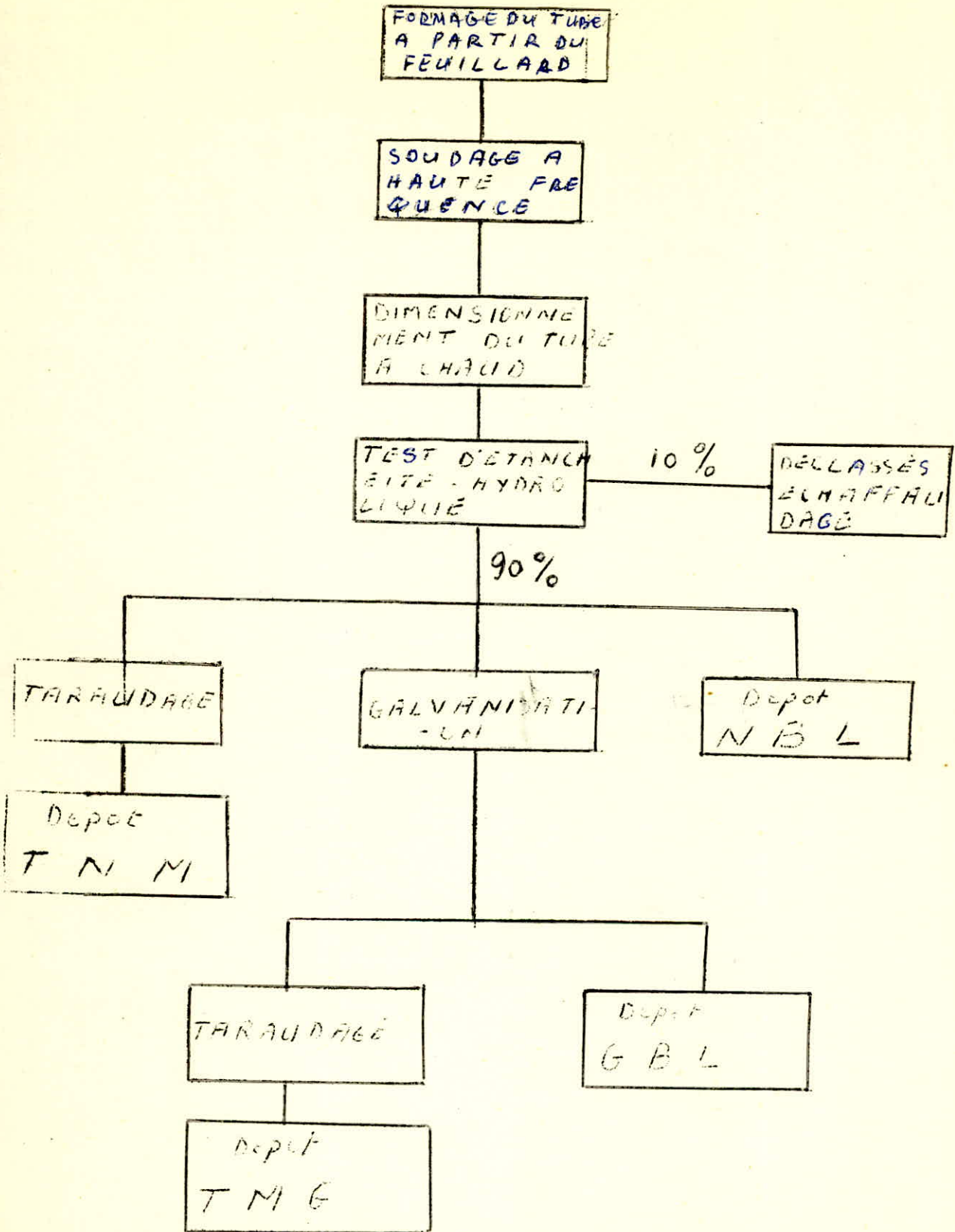
4- L'usine doit fabriquer, une gamme très variée de tubes, pendant chaque période(1 mois dans cette étude), afin de satisfaire le maximum de clients?

Sur la base de ces remarques, nous avons nous sommes inspirés, pour essayer d'approcher scientifiquement le probleme d'ordonnancement de la production des tubes. Ce qui nous a conduit à établir un modèle, qui nous donne mensuellement, la quantité des tubes à produire par diametre et par assortiment, sur chaque équipement .

Le programme mensuel de production des tubes, qui sera établi par le modele pour chaque equipement, doit coordonner la production de toutes les machines afin de d'obtenir les differents tubes demandés.

Le resultat serait donné sous forme de combinaisons de tubes à produire MENSUELLEMENT, sur chaque equipement.

L'organigramme du processus technologique de production de tubes est le suivant :



Nous avons donc quatre assortiments de tubes:
NBL, GBL, PNG, TNM.

NBL:Noir-Bouts-Lisses

GBL:Galvanisé-Bouts lisses

TMG:Tarauté-Manchonné Galvanisé

TNM:Tarauté noir manchonné

Dans Chaque assortiment ,on peut produire des tubes de sept diamètres différents.

Ces diamètres sont: (a-b/ a:diamètre intérieur
b:diamètre extérieur)

12-17, 15-21, 20-27; 26-34, 33-42, 40-49, 50-60, mm.

En définitive, le nombre de tubes qu'on pourrait produire s'élève à : $4 \times 7 = 28$ TUBES.

PROBLEME: Connaissant les 28 quantités de tubes que l'on projette de produire pendant une période (4 mois dans notre étude), quelle sorte de tube et quelle est la quantité correspondante que l'on doit produire MENSUELLEMENT afin de coordonner le fonctionnement de tous les équipements?

Le nombre des variables du problème s'élève à:

$28 \times N$ / N: nombre de mois dans la période considérée.

N: 4 mois dans notre étude ($28 \times 4 = 112$ variables)

Chaque variable comporte trois précisions:

XYN: Quantité de tube en tonne d'assortiment X et de diamètre N à produire pendant le mois Y.

p La définition de l'objectif à remplir par
par solution optimale nous a conduit à rechercher un
équilibre entre des exigences contradictoires.

Nous avons retenu, le chargement continu de tous
les équipements comme objectif de base de notre étude.
En effet, une planification optimale de la production
dans une entreprise, nécessite une coordination de foncti-
-onnement de tous les équipements sur place. Une telle coor-
-dination ne peut exister que dans la mesure où toutes les
machines fonctionnent d'une façon continue et complémentaire.

La solution optimale, qui satisfait cet objectif, ne
doit pas ignorer l'ensemble de paramètres (contraintes):

- paramètres fixes des équipements.
- paramètres variables sur lesquels porte l'op-
timisation.

Un tel problème est donc conforme à un problème de
programmation linéaire.

III-3-Programmation linéaire:

1-NotionsGenerales:

La programmation linéaire est un moyen de détermination du meilleur plan d'action pour réaliser des objectifs donnés sous différentes contraintes.

Cette méthode est applicable quand l'entreprise se consacre à des activités interdépendantes, dont les relations peuvent être conçues sous forme d'équations linéaires et d'inégalités.

* Probleme de programmation Mathématique:

On appelle problème de programmation mathématique, un problème de la forme: MAXIMISER $F(x)$ (1)

$$G(x) \leq 0 \quad (2)$$

Dans lequel $F(x)$ est la fonction objectif et $G(x)$ est une contrainte.

RMQ: - Chercher le max de $F(x)$ est équivalent à min $(-F(x))$

- une contrainte à l'égalité est équivalente de deux contraintes à l'inégalité.

$$A=B \iff \begin{cases} A \leq B \\ A \geq B \end{cases}$$

*Problème de programmation linéaire:

C'est un problème de programmation mathématique dans lequel $F(x)$ et $G(x)$ sont des applications linéaires.

Application linéaire:

$$\begin{array}{lcl} \text{Si } E & \xrightarrow{f} & F \\ x & \longrightarrow & F(x) \\ y & \longrightarrow & F(y) \end{array}$$

Et Si $a \in R$

une application linéaire est telle que:

$$\begin{aligned} F(a \cdot x) &= a \cdot F(x) \\ F(x+y) &= F(x) + F(y) \end{aligned}$$

*Formulation générale d'un problème de programmation linéaire:

le problème de programmation linéaire peut être généralisé à un nombre de variable(n) et un nombre (m) de équations.

Il prend alors la forme suivante:

Trouver les valeurs des variables $X_1, \dots, X_j, \dots, X_n$ qui rendent maximale la quantité $F(x) = C_1 X_1 + \dots + C_n X_n$ tout en satisfaisant aux contraintes suivantes:

$$\begin{aligned}
 a_{11} X_1 + \dots + a_{1j} X_j + \dots + a_{1n} X_n &\leq b_1 \\
 a_{21} X_1 + \dots + a_{2j} X_j + \dots + a_{2n} X_n &\leq b_2 \\
 &\vdots \\
 &\vdots \\
 &\vdots \\
 a_{m1} X_1 + \dots + a_{mj} X_j + \dots + a_{mn} X_n &\leq b_m
 \end{aligned}$$

et tel que: $X_1, X_2, \dots, X_j, \dots, X_n \geq 0$

F(x)= fonction économique

Les inéquations sont les contraintes du problème.

Nous pouvons écrire le problème de la façon suivante:

$$\begin{cases}
 X_j \geq 0 & j = 1, 2, \dots, n \\
 \sum_{j=1}^n a_{ij} X_j \leq b_i & i = 1, 2, \dots, m \\
 \text{MAX } F(x) = \sum_{j=1}^n C_j X_j
 \end{cases}$$

Ou, en définissant:

- La matrice (uni-colonne) $x = (X_1, X_2, \dots, X_n)$
- La matrice (uni-ligne) $c = (C_1, C_2, \dots, C_n)$
- La matrice (uni-colonne) $b = (b_1, b_2, \dots, b_m)$
- La matrice $A = (a_{ij})$

$$\left\{ \begin{aligned}
 \text{MAX } C \cdot x \\
 A x &\leq b \\
 x &\geq 0
 \end{aligned} \right.$$

* Exemple : Soit le modèle linéaire suivant, réduit à deux dimensions :

Trouver les valeurs des variables x et y , qui rendent maximale la quantité :

$$f(x, y) = 3 \cdot x - 2 \cdot y$$

tout en satisfaisant aux conditions suivantes :

$$x + 2 \cdot y \leq 5$$

$$x - y \leq 2$$

et telle que x et y soient ≥ 0 .

* Illustration graphique de la solution :

-La solution qui appartient au tronçon (partie non hachurée) est une solution acceptable.

-La solution acceptable optimale appartient à un sommet du tronçon.

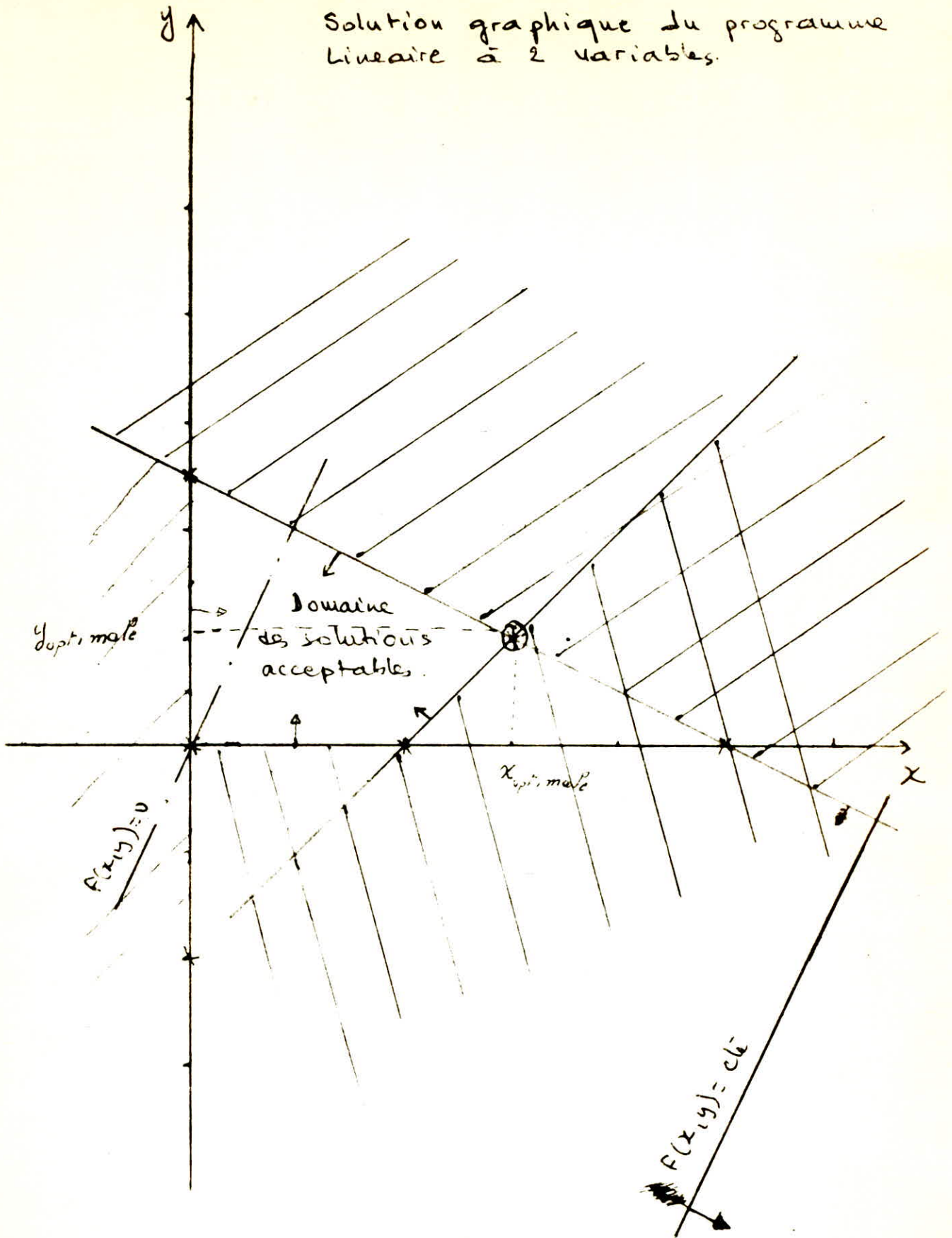
(voir graphe sur la page suivante)

* Théorèmes fondamentaux de la programmation linéaire :

-SI un problème comporte un programme optimum acceptable, il y a un programme optimum acceptable qui ne comporte pas plus de K activités de niveaux non nuls, ou K est le nombre de contraintes auxquelles la solution doit être soumise.

-Un programme acceptable est optimum si et seulement si il contient une liste d'activités incluses telle qu'aucune activité exclue ne soit plus profitable que sa combinaison équivalente exprimée en fonction de ces activités incluses.

Solution graphique du programme
linéaire à 2 variables.



III-4- Définition de l'objectif à remplir:

Il s'agit d'établir un modèle qui donne la quantité mensuelle par diamètre à fabriquer, à fileter, et à galvaniser respectivement sur la ligne gaz, à l'atelier de filetage et à l'atelier de galvanisation.

ces trois installations (ligne gaz, atelier de filetage atelier de galvanisation) sont interdépendants.

Autrement dit, pour fileter ou galvaniser, il faut au préalable fabriquer le tube sur la ligne gaz.

Le NBL doit être fabriqué sur la ligne gaz.

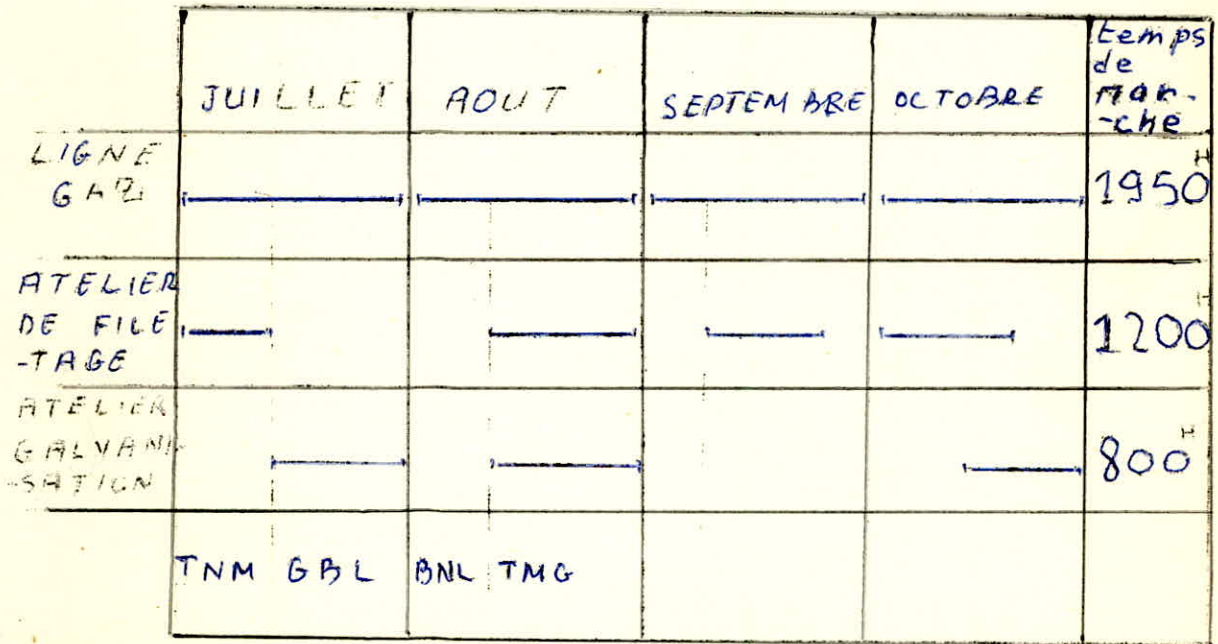
Le TNM doit être " " , puis fileté.

Le TMG " " , puis galvanisé et ensuite fileté.

Le GBL doit être fabriqué sur la ligne gaz, puis galvanisé.

L'objectif est d'assurer un chargement continu des équipements. Ces équipements sont au nombre de trois: ligne gaz, atelier de filetage et atelier de galvanisation. Il faut donc qu'ils travaillent en parallèle sans subir de goulot d'étranglement ni même de temps vide.

III-4-1- Illustration graphique:



Pour assurer un chargement continu des équipements il faut essayer de minimiser le "temps vide" pour chaque installation. Nous entendons par temps vide, le temps où la machine attend l'apport de produits semi-finis.

Soit $T_{cal-eff}$ = temps calendrier effectivement disponible pour chaque équipement pendant la période considérée (4 mois dans notre étude)
donc $T_{cal-eff}$ = temps calendrier (en heure) - heures de fête

Soit $F_i(t)$ = Chargement de l'équipement i , exprimé en heures. (

Un chargement continu d'un équipement entraîne:

$$\text{MIN}(T_{cal-eff} - F_i(t))$$

Comme il s'agit d'une usine composée de trois installations interdépendantes, il faut:

$$\text{MIN}(3 \times T_{cal-eff} - \sum_{i=1}^3 F_i(t))$$

Autrement dit ; $\text{MAX}(f(t) = \sum_{i=1}^3 F_i(t))$

III-4-2- Calcul de $f(t)$:

Soit X_k^{ij} = quantité X (en tonne) de tubes d'assortiment i de diamètre k à produire pendant le mois j .

$i=1,2,3,4$ respectivement l'assortiment NBL, GBL, TMG, TNM.
 $j=1,2,3,4$ le mois de juillet, août, septembre, octobre.

$k=1,2,3,4,5,6,7$ respectivement le diamètre 12-17, 15-21, 20-27, 26-34, 33-42, 40-49, 50-60.

D'où le tableau explicitant toutes les variables:

Mois	1							j	4						
diamètres assortiment	1	2	3	4	5	6	7	k	1	2	3	4	5	6	7
1								X_k^{1j}							
2	x_1^{i1}	x_2^{i2}	x_3^{i3}	x_4^{i4}			x_7^{i7}	X_k^{ij}	x_1^{i4}	x_2^{i4}	x_3^{i4}	x_4^{i4}			x_7^{i4}
4								X_k^{4j}							

Soient, A_k =production en tonne par heure de fabrication sur la ligne gaz du tube de diamètre k.

B_k = production en T/H de tubes filetés de diamètre k par l'atelier de filetage.

C_k = production en T/H de tubes galvanisés de diamètre k par l'atelier de galvanisation.

D' $F_1(t) = \sum_{j=1}^4 \sum_{k=1}^7 \sum_{i=1}^4 (X_k^{ij} / A_k)$ Chargement de la ligne gaz.

$F_2(t) = \sum_j \sum_k (X_k^{3j} + X_k^{4j}) / B_k$ Chargement de l'atelier de filetage.

$F_3(t) = \sum_j \sum_k (X_k^{2j} + X_k^{3j}) / C_k$ Chargement de l'atelier de galvanisation.

$$f(t) = \sum_{i=1}^4 F_i(t)$$

$$f(t) = \sum_{k=1}^7 \sum_{j=1}^4 \left[\sum_{i=1}^4 X_k^{ij} / A_k \right] + (X_k^{3j} + X_k^{4j}) / B_k + (X_k^{2j} + X_k^{3j}) / C_k$$

III-5- Contraintes du problème:

Le programme mensuel de production de tubes doit satisfaire:

1- La quantité de tubes à produire doit être égale à la quantité demandée en tonne.

$$\sum_j \sum_c \sum_k x_k^{ij} = K$$

K = Quantité totale de tubes (en tonne), que l'on projette de produire pendant la période considérée (4 mois dans notre étude).

2- La quantité de tubes noirs à produire doit être égale à la quantité demandée en tonne par diamètre.

$$\sum_j (x_k^{1j} + x_k^{4j}) = C_k \text{ pour } k=1,2,3,4,5,6,7.$$

C_k = Quantité de tubes noirs (en tonne), de diamètre k, que l'on projette de produire pendant la période considérée (4 mois dans notre étude).

3- La quantité de tubes galvanisés à produire, doit être égale à la quantité demandée en tonne par diamètre.

$$\sum_j (x_k^{2j} + x_k^{3j}) = D_k \text{ pour } k=1,2,3,4,5,6,7.$$

D_k = Quantité de tubes galvanisés (en tonne), de diamètre k, que l'on projette de produire pendant la période considérée (4 mois dans notre étude).

4- La quantité de tubes NBL à produire doit être égale à la quantité demandée en tonne par diamètre.

$$\sum_j x_k^{1j} = CN_k \text{ pour } k=1,2,3,4,5,6,7.$$

CN_k = Quantité de tubes NBL (en tonne), de diamètre k que l'on projette de produire pendant la période considérée (4 mois dans notre étude).

5- La quantité totale entonne de tubes doit être reparti d'une façon égale sur toute la période considérée(4 mois).

$$\sum_i \sum_k x_k^{ij} = K/4 \text{ pour } j=1,2,3,4,$$

6- La quantité totale en tonne de tubes galvanisés doit être réparti d'une égale sur toute la période(4 mois).

$$\sum_k (x_k^{2j} + x_k^{3j}) = D/4 \text{ pour } j=1,2,3,4.$$

7- La quantité totale en tonne de tubes filetés doit être réparti d'une façon égale sur toute la période(4 mois).

$$\sum_k (x_k^{3j} + x_k^{4j}) = A/4 \text{ pour } j=1,2,3,4.$$

8- Contrainte de minimisation de temps d'interruption de la ligne gaz(pour montage et démontage).

Elle consiste à augmenter la quantité de tubes d'un diamètre donné , que l'on doit passer mensuellement sur la ligne gaz.

Soit A_1 = Quantité A de tubes de diamètre 1 , à fabriquer pendant la période considérée(4 mois).

On peut programmer sa fabrication en quatre lots: $A_1/4$ chaque mois.

On peut programmer sa fabrication en troislots: $A_1/3$ sur trois mois.

Et en deux ou en un seul lot.

Le temps d'interruption pour modification de la ligne augmente avec le nombre de lots. Il est plus intéressant de produire le tube d'un diamètre donné sur la ligne gaz selon le nombre le plus petit possible de lots.

D'après les responsables de la production à l'usine, la gamme considérée des diamètres des tubes, de 12-17 jusqu'à 50-60, se décompose en deux catégories (ébauche). Cette distinction est basée sur le temps que prend la modification de la ligne, quand on passe d'un diamètre à un autre.

Le passage de la production, sur la ligne gaz, d'un tube de diamètre compris dans une catégorie; à un tube de diamètre compris dans la même catégorie, nécessite un temps de modification de la ligne, de 2 Heures.

ces deux catégories sont:

(1) : 12-17, 15-21, 20-27, 26-34.

(2) : 33-42, 40-49, 50-60.

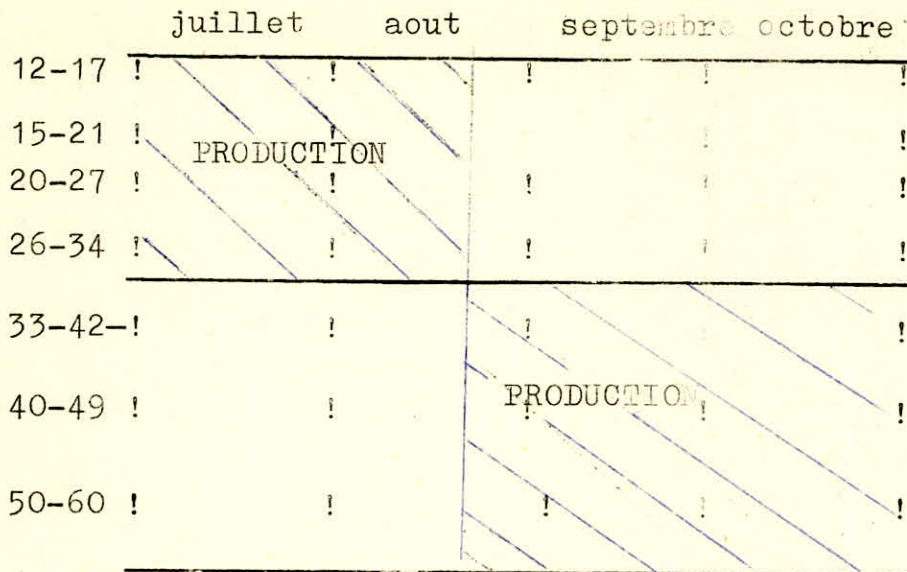
Par contre, le passage de l'un quelconque des diamètres d'une catégorie, à celui d'une autre catégorie nécessite un temps beaucoup plus important. Il est estimé par les responsables à 13 heures. En général il varie entre 12 h et 16 h.

Ce qui n'est certes pas négligeable, à comparer au temps d'arrêt pour modification de la ligne lors du passage d'un diamètre à un autre dans une catégorie. Une programmation rationnelle de la production des tubes, ~~sur~~ doit tenir compte de cet état de fait.

Pour éviter ce temps d'arrêt, l'idéal serait de produire toute la gamme demandée d'une ébauche avant de passer à la production des tubes de l'autre ébauche. Ceci dans le souci de ne pas arrêter la ligne gaz plus de 13 heures. ~~Neu~~ Le temps d'arrêt inherent au passage d'un diamètre à un autre à l'intérieur d'une catégorie, importe à un degré moindre.

Cette contrainte , complique beaucoup le modele. Elle impose une exigence contradictoire avec les autres contraintes. Ces derniers , stipulent la satisfaction du MAX de clients. Donc, on est obligé de passer d'une ebauche à une autre chaque mois, afin de contenter la majorité des clients.

illustration graphique:



L'ideal est cette configuration. Elle ne tient compte que de la contrainte de minimisation du temps d'arret de la ligne gaz , pour modification. On ne passe d'une categorie à une autre qu'une seule fois.

Mais , pour satisfaire la majorité des clients, il est souhaitable de passer d'une categorie à une autre chaque mois. *ce qui entraine*

que Le ~~te~~ temps d'arret de la ligne augmente considerablement. On enregistre au minimum un temps d'arret de 13 h , sans compter le temps d'arret inherent au passage d'un dimetre à un autre dans la meme categorie.

D'ou la configuration, de la production des tubes,
la plus mauvaise:

	juillet	août	septembre	octobre
12-17	!	!	!	!
15-21	!	!	!	!
20-27	!	!	!	!
26-34	!	!	!	!
33-42	!	!	!	!
40-49	!	!	!	!
50-60	!	!	!	!

L'idéal serait de trouver un compromis entre
les deux configurations ci-dessus.

Sachant que l'objectif à atteindre par la solution OPTIM-
-ALE du modèle, est un chargement continu de tous les équipements
et en particulier de la ligne gaz, il n'est pas concevable que
cette dernière configuration de la production des tubes sera donnée par le
modèle.

L'intérêt du modèle, est donc de donner la solution
optimale, qui concilie ces exigences contradictoires.

Voyons comment on peut formuler mathématiquement,
cette contrainte, qui il faut le dire nous a posé des problèmes,
au point que nous avons passé le modèle sur ordinateur sans cette
-la contrainte;

Soit, U_{jk} = variable booléenne, correspondante à la quantité de tubes de diamètre k , que l'on pourrait produire pendant le mois j .

$$U_{jk} = \begin{cases} 0 \\ 1 \end{cases} \quad \text{pour tout } j \text{ et } k$$

A_k = quantité A de tubes en tonne de diamètre k , à produire pendant la période considérée (4 mois).

Z_k = Nombre rationnel de lots de fabrication de la quantité de tubes A_k .

On pose:

$$\sum_{j=1}^4 \sum_{k=1}^4 (U_{jk} \cdot X_k^{ij}) = A_k$$

avec $\sum_{j=1}^4 U_{jk} = Z_k \quad / \quad Z_k \leq 4$ (puisque dans notre étude $j = 4$)
 pour $k=1, 2, 3, 4, 5, 6, 7$.

Une telle formulation de la contrainte, complique énormément la résolution du modèle. En effet, le nombre de variables augmente et la solution optimale se caractérise par un mélange de variables réelles et entières.

EX: pour le diamètre $k=3$, soit $A_3 = 2$; $Z_3 = 2$

la solution optimale impose $U_{13}=0$, $U_{23}=1$, $U_{33}=0$, $U_{43}=1$

Donc: la quantité A_3 de tubes de diamètres 3 doit être fabriquée pendant le mois $j=2$ et le mois $j=4$.

Quand à la quantité correspondante (de A_3) à produire chaque mois (des mois cités ci-dessus)? elle est donnée par les valeurs réelles des variables X_3^{i2}, X_3^{i4} pour i variant de 1 à 4,

Autre façon de formuler la contrainte:

La formulation précédente, est conforme à l'hypothèse qui stipule, qu'une quantité demandée de tubes de diamètre donné, doit être fabriquée, sur la ligne gaz, selon un nombre rationnel de lots de laminage (le plus petit possible afin de diminuer le temps d'arrêt pour modification).

Mais, elle ne distingue pas entre les temps d'arrêt.

Nous pouvons faire une discrimination entre les temps d'arrêt, en négligeant les temps d'arrêt inhérents aux passages de production, sur la ligne gaz, d'un diamètre à un autre dans une même catégorie de diamètre (voire page 25)

EX: pour un mois donné, soit le mois $j=2$

si: L'une des quantités X_k^{i2} (k variant de 1 à 4) est différente de zéro, toutes ces quantités sont différentes de zéro, et toutes les quantités X_k^{i2} (k variant de 5 à 7) sont nulles.

si: L'une des quantités X_k^{i2} (k variant de 5 à 7) est différente de zéro, toutes ces quantités sont différentes de zéro, et toutes les quantités X_k^{i2} (k variant de 1 à 4) sont nulles.

IV- FORMULATION MATHEMATIQUE DU MODELE D'ORDONNANCEMENT DE LA PRODUCTION DES TUBES:

trouvez $X_k^{ij} \geq 0 \quad \forall i, j, k$

Qui rendent MAXIMALE $F(t)$

$$F(t) = \sum_{k=1}^7 \sum_{j=1}^4 \left(\sum_{i=1}^4 \frac{X_k^{ij}}{A_k} + \frac{X_k^{3j} + X_k^{4j}}{B_k} + \frac{X_k^{2j} + X_k^{3j}}{C_k} \right)$$

tout en satisfaisant les contraintes suivantes:

$$\sum_i \sum_j \sum_k X_k^{ij} = K$$

$$\sum_j (X_k^{1j} + X_k^{4j}) = C_k \quad k=1, 2, \dots, 7$$

$$\sum_j (X_k^{2j} + X_k^{3j}) = D_k \quad k=1, 2, \dots, 7$$

$$\sum_j X_k^{1j} = A_k \quad k=1, 2, \dots, 7$$

$$\sum_i \sum_k X_k^{ij} = \frac{K}{4} \quad j=1, 2, \dots, 4$$

$$\sum_k (X_k^{2j} + X_k^{3j}) = \frac{D}{4} \quad j=1, 2, \dots, 4$$

$$\sum_k (X_k^{3j} + X_k^{4j}) = \frac{A}{4} \quad j=1, 2, \dots, 4$$

$$\sum_{j=1}^4 \sum_{i=1}^4 (U_{jk} X_k^{ij}) = A_k \quad \text{avec} \quad \sum_{j=1}^4 U_{jk} = 7_k$$

pour $k=1, 2, \dots, 7$

V- RESOLUTION DU MODELE SANS LA CONTRAINTE DE MINIMISATION DE TEMPS D'ARRET:

V-1- Les données utilisées:

Nous avons choisi, pour vérifier le modèle, des données pratiques; et qui ont fait l'objet d'un programme passé (en 1974 sur quatre mois) à l'unité de réghaia SNS.

La quantité de tubes demandée est de 9504 tonnes. Elle se répartit comme suit:

Diamètre	12/17	15/21	20/27	26/34	33/42	40/49	50/60
quantité en tonne	709	2200	1000	459	1760	2022	1354

Il faut noter, que cette quantité exige 2004 heures de fabrication sur la ligne gaz. Ce qui correspond à une période de 4 mois de travail à 3 postes de 8h pendant 5 jours et à 2 postes de 8h le samedi.

En l'absence de la structure de la demande des tubes par parachèvement (assortiment), nous avons adopté une structure d'après l'expérience de l'entreprise considérée dans cette étude. Ce qui nous donne, la demande des tubes par diamètre et par assortiment, pour la période considérée.

D'ou le tableau suivant (1)

Les valeurs en tonne, des coefficients du second membre du modèle linéaire établi, sont:

K= 9504 tonnes.

C1= 497 t.	C2= 2090.t.	C3= 900 t.		
C4= 414 t.	C5= 1587 t.	C6= 1921 t.	C7= 1151	
D1= 212 t.	D2= 110 t.	D3= 100 t.		
D4= 45 t.	D5= 173 t.	D6= 101 t.	D7= 203 t.	

K/4= 2376 t.

$D/4 = \sum_{k=1}^{k=7} D_k/4 = 1699 \text{ t. } 236 \text{ t.}$

A/4= 1699 t

CN1= 144 t.	CN2= 440 t.	CN3= 200 t;		
CN4= 112 t.	CN5= 529 t.	CN6= 809 t.	CN7= 474	

V-2- Resolution du modèle linéaire par ORDINATEUR:

Pour résoudre le modèle, nous avons utilisé l'ordinateur IBM 1130(de l'ENPA). Le travail consiste à introduire les données sous une forme adéquate, pour qu'elles puissent être traitées par un sous programme LP-MOSS chargé sur disque. Ce dernier se charge de donner LA SOLUTION OPTIMALE après plusieurs itérations.

Le modèle linéaire, est un système à 32 équations et 84 variables.

EN principe, nous avons 112 variables. Mais les données font état d'une demande nulle en tubes GBL.

Rmq: le nombre de variables dépend évidemment du nombre de mois dans la période considérée (voir page 13)

La variable: X_{ij}^k représente la quantité de tubes qu'on
pourrait produire pendant le mois j ;
Il s'agit des tubes de diamètre k ,
et d assortiment i .

Cette variable à trois indices, est écrite sous la forme
de AMD: Quantité de tubes de assortiment A et de diamètre D,
qu'on pourrait produire pendant le mois M.

Programme de production établi par le modale
pendant la période : juillet - août - septembre - octobre

(2)

rubrique diamètre	NBL				TMG				TNM				sous-total			
	juillet	août	septembre	octobre	juillet	août	septembre	octobre	juillet	août	septembre	octobre	juillet	août	septembre	octobre
12-17			144			43	169		353				353	43	313	
15-21				440		47		63	108		1137	405	108	47	1137	908
20-27			200		400				700				800		200	
25-34			112			45			302				302	45	112	
33-42		440	89					173				1058		440	89	1231
40-49	677		132			101				1112			677	1213	132	
50-60		237		237	136		67			351	326		136	588	393	237

(3)

Programme de production
- établi par le modèle - pour
la ligne gaz

fabrique Diamètres	1/ producti- vité	juillet	Août	septembre	octobre	
12-17	0,42	353 T 148,26 H	43 T 18,06 H	313 T 131,46 H		
15-21	0,27	108 T 29,16 H	47 T 12,69 T	1137 T 306,99 H	208 T 245,16 H	
20-27	0,25	800 T 200 H		200 T 50 H		
26-34	0,20	302 T 60,40 H	45 T 9 H	112 T 22,4 H		
33-42	0,15		440 T 66 H	89 T 13,35 H	1231 T 184,65 H	
40-49	0,15	677 T 101,55 H	1213 T 181,95 H	132 T 19,8 H		
50-60	0,15	136 T 20,40 H	588 T 88,2 H	395 T 58,95 H	237 T 35,55 H	
total		2376 T 559,77 H	2376 T 375,9 H	2376 T 602,95 H	2376 T 465,16 H	2004,77 H

Programme établi, et passe sur (4)
La ligne gaz pendant la période :
juillet - août - septembre - octobre,
par le service ordonnancement.

Mois Diamètres	Juillet	Aout	Septembre	Octobre.
12-17	177	532		
15-21		1118	1082	
20-27			808	192
26-34				459
33-42	510			1250
40-49	889			1133
50-60	1354			

Programme de production

- établi par le modèle = de l'atelier
de filetage

fabrique diamètre	$\frac{1}{\text{précision}} \times 10^6$	juillet	août	septembre	octobre
12-17	0,728	353 ^T 254,16 ^H	43 ^T 30,96 ^H	169 ^T 121,68	
15-21	0,5	108 ^T 54 ^H	47 ^T 23,5 ^H	1137 ^T 569,5 ^H	468 ^T 234 ^H
20-27	0,422	800 ^T 377,6 ^H			
26-34	0,369	302 ^T 109,32 ^H	45 ^T 16,29 ^H		
33-42	0,333				1231 ^T 409,92 ^H
40-49	0,32		1213 ^T 388,16 ^H		
10-60	0,308	136 ^T 41,88 ^H	351 ^T 108,10 ^H	393 ^T 121,04 ^H	
Total		796,97 ^H	566,51 ^H	811,22 ^H	643,92 ^H
					2818,13 ^H

Programme de production
 - établi par le modèle - de l'atelier
 de galvanisation

Rubrique Diamètre	Produit - Vitex HT	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Total
12-17	0,84		43 ^T 36,12 ^H	169 ^T 141,96 ^H		
15-21	0,54		47 ^T 25,38 ^H		63 ^T 34,02 ^H	
20-27	0,415	100 ^T 41,5 ^H				
26-34	0,334		45 ^T 15,03 ^H			
33-42	0,337				173 ^T 58,30 ^H	
40-49	0,282		101 ^T 28,48 ^H			
50-60	0,26	136 ^T 35,35 ^H		67 ^T 17,42 ^H		
Total		236 ^T 76,86	236 ^T 105,01	236 ^T 159,38	236 ^T 92,32	433,57

Programme de production
 - établi par le modèle -
 pendant le mois de juillet

Rubrique Diamètre	Ligne gaz	Atelier de filetage	Atelier de galvanisation
12-17	353	353	
15-21	108	108	
20-27	800	800	100
26-34	302	302	
33-42			
40-49	677		
50-60	136	136	136
Total	2376	1699	236

Programme de production
 - établi par le modèle -
 pendant le mois d'août.

⑧

Fabrication diamètre	l'igno gaz	Atelier de filetage	Atelier de galvanisation
12-17	43	43	43
15-21	47	47	47
20-27	45		
26-34	45	45	45
33-42	440		
40-49	1213	1213	101
50-60	588	351	
total	2376	1699	236

- établi par le modèle -
pendant le mois - le septembre.

Subrique dia tre	Ligne gaz	Atelier de filetage	Atelier de galvanisation
12-17	313	169	169
15-21	1137	1137	
20-27	200		
26-34	112		
33-42	89		
40-49	132		
50-60	393	393	67
Total	2376	1699	236

Programme de production

- établi par le modèle.

pendant le mois de octobre.

Fabrication diamètre	Ligne gaz	Atelier de filetage	Atelier de galvanisation
12-17	908	468	63
15-21			
20-27			
26-34			
33-42	1231	1231	173
40-49			
50-60	237		
Total	2376	1699	236

VI- INTERPRETATION DES RESULTATS:

L'atelier de filetage ,traite chaque mois la même quantité totale de tubes en tunne.Soit 1674 tonnes/mois.Mais le temps exigé diffère d'un mois à un autre selon la gamme de diamètre et les quantités correspondantes à fileter.

La même constatation est valable pour l' atelier de galvanisation et la ligne gaz.

Il ressort d'autre part:

- 1- L'atelier de filetage est insuffisant. Il ne peut satisfaire la demande des tubes filetés.

Pour fileter 1674 tonnes/mois, les deux fileteuses mettent:

780	heures	en	juillet.
568	"		août .
813	"		septembre.
647	"		octobre.

Sachant que seulement 544 h de travail ,sont disponibles chaque mois. L'atelier de file tage ne peut en aucun cas fileter toute la quantité .

IL FAUT L'AGRANDIR.

- 2- Contrairement à l'atelier de filetage, l'atelier de galvanisation est sous employé . La quantité demandée de tubes galvanisés est très faible.

- 3- Pour fabriquer 2376 tonnes /mois ,la ligne gaz met 603 heures en septembre et seulement 376 heures en août. La différence est certes notable. La ligne gaz est trop chargée en septembre , contrairement au mois d'août.

Cette constatation importe peu quand on sait que la répartition des taches mensuelles par le modele se fait en tenant compte de l' ensemble des équipements.

L'intérêt du programme mensuel établi par le modèle pour les trois installations (ligne gaz , atelier de filetage, atelier de galvanisation) reside dans le deroulement en parellele des trois sous programmes.

Le respect du parellelisme entre les trois sous programmes mensuels , lors du lancement de la production , est très important.

Le décalage horaire noté pour chaque équipement d'un d'un mois à un autre, est l'affaire d'une actualisation mensuelle , dont se chargera le service ordonnancement et lancemant à l'usine. Ce même service doit effectuer surtout l'ordonnancement horaire de la production au niveau de chaque équipement Il doit tenir compte pour cela de:

- Programme mensuel établi par le modèle pour chaque équipement.
- le deroulement en parellele des trois programmes sur les trois équipements pendant chaque mois.

Le modele ne satisfait pas la contrainte de minimisation du temps d'arret pour modification de la ligne gaz, lorsque on passe de la production d'un diametre à un autre. Ce qui explique la presence de tous les diametres dans chaque programme mensuel de fabrication des tubes sur la ligne gaz.

L'introduction de cette contrainte dans le modele, donnera des programmes mensuels rationnels. Les deux categories de diametre des tubes (12-17 jusqu'a 26-34, 33-42 jusqu'a 50-60) se fabriquent separement, dans le but d'éviter le temps d'arret pour modification de la ligne, quand on passe de la production des tubes de diametre d'une categorie à une autre.

CONCLUSION:

Le modele lineaire établi, est un exemple simplifié d'une realité difficile à saisir. D'abord parcequ'il s'agit d'un probleme d'ordonnancement de la production. Et surtout parcequ'il essaie de représenter symboliquement un processus, de production des tubes, compliqué.

Le modele ne peut etre achevé, qu'avec l'introduction de la contrainte de minimisation du temps d'arret de la ligne gaz , pour modification, lorsqu'on passe d'un diametre à un autre. Celle-ci , necessite d'autres recherches pour pouvoir l'introduire, sans compliquer le modele.

Nous souhaitons le voir un jour appliqué, au niveau de la SNS, dans le domaine de la programmation de production des tubes dans ses unités, existantes et futures.

Nous pensons , qu'il est très utile parcequ'il contribuera certainement à resoudre les problemes actuels de la programmation de production des tubes, et permettra une meilleure utilisation de toutes les machines.

Enfin, nous ne voulons pas terminer sans signaler, l'experience sans precedant, pour nous eleve-ingenieurs, de pouvoir approcher une situation concrete , par nos modestes connaissances. De telles situations, font certes appel à l'abilite et à la technique. Mais ces derniers restent limités s'ils ne sont pas aidés par la SCIENCE.

