

**PUBLICATIONS  
DE L'INSTITUT  
FRANÇAIS  
DU PÉTROLE**

**PROGRAMMATION  
LINÉAIRE  
APPLIQUÉE**

**H. MAURIN**

BIBLIOTHEQUE DU CERIST



COLLECTION  
SCIENCE ET TECHNIQUE DU PÉTROLE

- 0 Cinétique chimique appliquée. J. C. JUNGERS et collaborateurs (*épuisé*).
- 1 Le pétrole. J. FLANDRIN et J. CHAPELLE.
- 2 A. B. C. du graissage. J. L. E. GROFF
- 3 Les huiles pour moteurs et le graissage des moteurs. A. SCHILLING (2 vol.).
- 4 U.R.S.S. second producteur de pétrole du monde. J. CHAPELLE et S. KETCHIAN.
- 5 Le pétrole. Raffinage et génie chimique. *Sous la direction de P. WUITHIER* (2 vol.).  
*2<sup>e</sup> édition entièrement mise à jour.*
- 6 Les piles à combustible. *Ouvrage collectif publié sous le patronage de la Délégation Générale à la Recherche Scientifique et Technique.*
- 7 L'industrie pétrochimique et ses possibilités d'implantation dans les pays en voie de développement. C. MERCIER *avec la collaboration de B. BARTOLI et M. BARRAQUÉ.*
- 7<sup>bis</sup> Petrochemical industry and its possibilities of establishment in the developing countries. C. MERCIER *with the assistance of B. BARTOLI and M. BARRAQUÉ.*
- 8 Programmation linéaire appliquée. H. MAURIN.
- 9 L'analyse cinétique de la transformation chimique. J. C. JUNGERS et L. SAJUS *avec la collaboration de I. DE AGUIRRE et D. DECROOCCQ* (2 vol.).
- 10 Thermodynamique générale et applications. R. KLING.
- 11 Oxydations et combustions. A. VAN TIGGELEN et collaborateurs (2 vol.).
- 12 La production d'électricité par conversion magnétohydrodynamique. *Ouvrage collectif.*
- 13 Théorie et interprétation des diagraphies. R. DESBRANDES.
- 14 L'économie des hydrocarbures. J. MASSERON.
- 15 Introduction à la cinétique hétérogène. B. DELMON.
- 16 Carburants et combustibles pour moteurs à combustion interne. J. WEISSMANN et collaborateurs.
- 17 Calcul sur ordinateur des équilibres liquide-vapeur et liquide-liquide. H. RENON, L. ASSELINEAU, G. COHEN et C. RAIMBAULT.
- 18 Les grès du Paléozoïque inférieur au Sahara. Sédimentation et discontinuités. Évolution structurale d'un craton. S. BEUF, B. BIJU-DUVAL, O. DE CHARPAL, P. ROGNON, O. GARIEL et A. BENNACEF.
- 19 Procédés de pétrochimie. Caractéristiques techniques et économiques. P. LEPRINCE, A. CHAUVEL, J. P. CATRY *avec la collaboration de L. CASTEX.*

BIBLIOTHEQUE DU CERIST

C 1931

3  
1931

**PUBLICATIONS DE L'INSTITUT FRANÇAIS DU PÉTROLE**  
Collection " Science et Technique du Pétrole " n° 8



**HENRI MAURIN**

Docteur en Mathématiques Statistiques  
Ingénieur E.N.S.P.M.  
Directeur du Département Recherche Opérationnelle  
de la Société Française des Pétroles BP  
Chargé de cours à l'École Nationale Supérieure  
du Pétrole et des Moteurs

Préface de

**JEAN ABADIE**

Agrégé de Mathématiques  
Conseiller Scientifique à la Direction des Études  
et Recherches de l'Électricité de France

BIBLIOTHEQUE DU CERIST

# PROGRAMMATION LINÉAIRE APPLIQUÉE

1967

ÉDITIONS TECHNIP 27, RUE GINOUX 75737 PARIS CEDEX 15



4758

© 1967. Éditions Technip - Paris

Toute reproduction, même partielle, de cet ouvrage  
par quelque procédé que ce soit, est rigoureusement  
interdite par les lois en vigueur.

ISBN 2-7108-0067-5

## PRÉFACE

Que l'on considère l'économie, l'industrie, les processus de production, de distribution, de répartition, ou même toute activité humaine dirigée, on peut dire qu'une des questions fondamentales que la réflexion de notre temps y rencontre est celle de satisfaire au mieux une certaine préférence, étant bien entendu que des contraintes sont imposées à l'ensemble des paramètres sur lesquels on possède une action.

Dans le meilleur cas (souvent rencontré, d'ailleurs), cette préférence se mesure par une fonction, que l'on est capable d'écrire explicitement, des différents paramètres inconnus : c'est le cas, pour ne prendre qu'un exemple, d'une industrie dont l'objectif serait de maximiser son bénéfice, tout en satisfaisant, entre autres contraintes, à certaines normes imposées sur la qualité des différents produits qu'elle fabrique. C'est ainsi que l'on trouve tout naturellement, dans la pratique actuelle de l'économie appliquée ou de la recherche opérationnelle, la branche des mathématiques connue sous le nom de *programmation mathématique* (traduction littérale de l'anglais *mathematical programming*), encore appelée *mathématique des programmes économiques*; d'une façon précise, la programmation mathématique est l'étude d'un problème du type suivant : rendre maximum (ou minimum, suivant les cas) une fonction de plusieurs variables inconnues, lorsque ces inconnues sont liées par un système d'équations et d'inéquations.

Le problème de maximiser une fonction sous des conditions d'égalité est un problème mathématique bien classique (que l'on songe à LAGRANGE, par exemple). Le fait d'étendre la théorie de LAGRANGE et de ses multiplicateurs au cas où il y a aussi (ou même uniquement) des contraintes d'inégalité est relativement nouvelle, et les premiers résultats ne datent que de 1948 (F. JOHN) et 1951 (KUHN et TUCKER).

Lorsque la fonction à maximiser (ou minimiser) est linéaire, et que les contraintes elles-mêmes sont des équations ou inéquations linéaires, on parle alors de *programmation linéaire*.

Historiquement, c'est la programmation linéaire qui s'est développée la première, avec les travaux de G. DANTZIG (1947, publiés seulement en 1951). L'immense succès qu'elle a connu depuis est lié, d'une part au très grand nombre de problèmes pratiques qui se ramènent à la programmation linéaire, d'autre part au développement explosif des ordinateurs électroniques, qui ont permis d'effectuer, à un coût relativement peu important, les calculs nécessités par la méthode du simplexe, de G. DANTZIG.

De nos jours encore, la méthode du simplexe reste, semble-t-il, la meilleure méthode de résolution des programmes linéaires. Quant à la programmation non linéaire, seul le cas où les contraintes sont linéaires, et où la fonction économique est convexe, est entré dans la pratique. La résolution numérique effective des programmes non linéaires plus généraux en est encore à l'état de recherche. Pour longtemps encore, semble-t-il, la programmation linéaire restera l'outil de base de ce nouveau métier que j'appellerai, faute de mieux, *optimiseur*.

Car c'est bien d'un *métier* qu'il s'agit de nos jours. Une culture générale, faite de polyèdres et de *jolis* théorèmes généraux, n'y est certes pas inutile; cela est cependant loin d'être suffisant, et c'est ici, je crois, que je voudrais signaler la grande originalité du livre de M. MAURIN : sans nullement négliger la théorie, il a su en dégager la substantifique moelle et l'exposer d'une façon particulièrement bien adaptée, d'une part à un public d'ingénieurs ou d'élèves-ingénieurs, d'autre part aux applications pratiques. Naturellement, les élèves des facultés des sciences trouveront également ici des compléments nécessaires s'ils désirent s'intéresser aux applications de la programmation linéaire, ou donner un support concret à leurs connaissances.

Je voudrais également louer les dons pédagogiques de l'auteur qui, d'ailleurs, enseigne la programmation linéaire à l'*École Nationale Supérieure du Pétrole et des Moteurs*. Procéder du général au particulier a, peut-être, quelque vertu; l'inverse, toutefois, présente des avantages plus certains pour celui à qui se posent des problèmes qui ne sont pas de purs symboles. Aussi est-ce à juste raison, à mon sens, que M. MAURIN introduit chaque notion ou méthode à l'aide d'un exemple concret simple, et que symétriquement, après l'exposé théorique correspondant, la même question est illustrée d'un exemple concret plus proche de la réalité. Le lecteur voit ainsi se construire devant lui tout un appareil, dont la bonne marche est attestée, au dernier chapitre, par l'étude complète et détaillée d'un problème *réel*, présentant toutes les difficultés que rencontrent les chercheurs opérationnels dans la pratique.

Je crois sincèrement que ce petit livre aidera tous ceux qui ont, dans leur vie professionnelle, à résoudre une ou plusieurs phases du traitement d'un problème de programmation linéaire : mise en équation, résolution numérique, interprétation économique et discussion des résultats. J'ajouterais que le lecteur trouvera toutes les notions d'algèbre dont il pourra avoir besoin (y compris le calcul matriciel) ainsi que tous les résultats théoriques (en particulier ceux qui sont relatifs aux variables duales, aux coûts marginaux et à la paramétrisation). Tant du point de vue théorique que de celui des applications, l'ouvrage de M. MAURIN se suffit donc à lui-même comme livre unique concernant la programmation linéaire destinée à l'ingénieur.

Pourrais-je, toutefois, regretter qu'aucune mention n'est faite des travaux personnels de M. MAURIN sur la paramétrisation de la matrice : cette technique est des plus utiles, mais M. MAURIN a estimé que son exposé entacherait le caractère d'initiation de son livre. Quoi qu'il en soit, je lui souhaite de tout cœur le succès qu'il mérite.

JEAN ABADIE

Agrégé de Mathématiques  
Conseiller Scientifique  
à la Direction des Études et Recherches  
de l'Électricité de France.

BIBLIOTHEQUE DU CERIST

# TABLE DES MATIÈRES

PRÉFACE DE J. ABADIE . . . . .	V
--------------------------------	---

## Chapitre I INTRODUCTION

I. Présentation de l'exemple . . . . .	1
II. Mise en équation . . . . .	2
III. Résolution du problème . . . . .	2
IV. Discussion . . . . .	6
V. Représentation géométrique . . . . .	7
VI. Premières notions sur les coûts marginaux . . . . .	11
1. Terminologie . . . . .	11
2. Définition du coût marginal . . . . .	12
3. Notion de dualité . . . . .	14
VII. Utilisation des calculateurs électroniques . . . . .	16
VIII. Applications dans le raffinage . . . . .	17

## Chapitre II EXPOSÉ ÉLÉMENTAIRE DE LA MÉTHODE DU SIMPLEXE

A. EXEMPLE DE PROGRAMME DE RAFFINERIE . . . . .	19
I. Données du problème . . . . .	19
II. Mise en équation . . . . .	21
III. Méthode du tableau simplexe . . . . .	22
1. Recherche d'une solution de départ . . . . .	22
2. Amélioration de la solution trouvée . . . . .	23
3. Systématisation des calculs . . . . .	24
4. Détermination de la solution optimale . . . . .	27
IV. Utilisation d'un calculateur électronique . . . . .	29
B. EXEMPLE DE CONSTITUTION DE DEUX CARBURANTS PAR MÉLANGE DE QUATRE CONSTITUANTS . . . . .	34
I. Données du problème . . . . .	34
II. Mise en équation . . . . .	35

BIBLIOTHEQUE DU CERIST



III. Méthode du tableau simplexe . . . . .	35
1. Recherche d'une solution de départ . . . . .	35
2. Résolution du programme auxiliaire (phase 1) . . . . .	37
3. Résolution du problème posé (phase 2). . . . .	38
IV. Représentation géométrique . . . . .	40
V. Utilisation d'un calculateur électronique. . . . .	43
C. EXEMPLE DE CONSTITUTION DE TROIS CARBURANTS PAR MÉLANGE DE SIX CONSTITUANTS . . . . .	45
I. Données du problème. . . . .	45
II. Mise en équation. . . . .	45
III. Méthode du tableau simplexe. . . . .	46
IV. Utilisation d'un calculateur électronique. . . . .	48
D. EXERCICES . . . . .	52

## Chapitre III

ALGORITHME  
DE LA MÉTHODE DU SIMPLEXE

A. ÉTUDE D'UN CAS PARTICULIER. . . . .	55
I. Recherche d'une solution réalisable. . . . .	55
1. Mise du problème sous forme canonique. . . . .	55
2. Définitions . . . . .	57
3. Recherche d'une première solution réalisable de base. . . . .	58
II. Amélioration de la solution initiale . . . . .	58
1. Principe de la recherche de l'amélioration . . . . .	58
2. Nouvelle transcription de la solution générale. . . . .	60
III. Amélioration d'une solution de base. . . . .	62
IV. Convergence de l'algorithme. . . . .	66
V. Application au tableau simplexe . . . . .	68
VI. Organigramme de la méthode du simplexe . . . . .	71
B. ÉTUDE DU CAS GÉNÉRAL . . . . .	71

## Chapitre IV

UTILISATION  
DU CALCUL MATRICIEL

A. NOTIONS DE CALCUL MATRICIEL. . . . .	75
I. Définitions générales . . . . .	75
II. Opérations élémentaires . . . . .	77
III. Multiplication de deux matrices . . . . .	78
IV. Inverse d'une matrice. . . . .	81
a. Résolution d'un système d'équations. . . . .	81
b. Notion de déterminant. . . . .	85
c. Détermination directe de la matrice inverse . . . . .	87

BIBLIOTHEQUE DU CERIST

<b>B. APPLICATION A LA PROGRAMMATION LINÉAIRE</b> . . . . .	90
<b>I. Formulation des problèmes</b> . . . . .	90
<b>II. Recherche des solutions</b> . . . . .	92
1. Transcription matricielle des contraintes . . . . .	92
2. Résolution matricielle . . . . .	95
3. Exemple numérique de résolution matricielle . . . . .	98
<b>III. Étude de la fonction économique</b> . . . . .	99
1. Transcription matricielle . . . . .	99
2. Exemple numérique . . . . .	101
3. Application de la transcription matricielle . . . . .	103
<b>C. COMPLÉMENTS DE CALCUL MATRICIEL</b> . . . . .	105
<b>I. Inversion d'une matrice partitionnée</b> . . . . .	105
<b>II. Inversion par multiplications successives</b> . . . . .	106
<b>D. EXERCICES</b> . . . . .	110

## Chapitre V

### MÉTHODES PRATIQUES DE RÉOLUTION DES PROGRAMMES LINÉAIRES

<b>A. MÉTHODE DU TABLEAU SIMPLEXE</b> . . . . .	111
<b>I. Étude préliminaire</b> . . . . .	111
<b>II. Forme révisée du simplexe</b> . . . . .	113
1. Structure des matrices . . . . .	114
2. Structure du tableau simplexe . . . . .	115
<b>III. Exemple d'application pratique</b> . . . . .	117
<b>B. MÉTHODES D'INVERSION PAR MULTIPLICATION</b> . . . . .	119
<b>I. Rappel de résultats antérieurs</b> . . . . .	119
<b>II. Amélioration d'une solution de base</b> . . . . .	120
1. Recherche d'une nouvelle solution extrême de base . . . . .	120
2. Détermination des formules de transformation . . . . .	121
<b>III. Méthode de la matrice inverse de base</b> . . . . .	123
1. Algorithme . . . . .	123
2. Application numérique . . . . .	125
3. Intérêt de cette méthode . . . . .	131
<b>C. EXERCICES</b> . . . . .	132

## Chapitre VI

### PARAMÉTRISATION

<b>A. GÉNÉRALITÉS</b> . . . . .	133
<b>B. PARAMÉTRISATION DU SECOND MEMBRE</b> . . . . .	134
<b>I. Algorithme</b> . . . . .	134
1. Recherche d'une solution . . . . .	134
2. Principe de la méthode de résolution . . . . .	137

3. Changement de base . . . . .	139
4. Caractéristiques de la nouvelle solution optimale . . . . .	141
5. Représentation graphique des variations de la fonction économique. . . . .	143
6. Réalisation pratique des calculs . . . . .	146
<b>II. Premier exemple numérique : problème du restaurateur . . . . .</b>	<b>147</b>
<b>III. Deuxième exemple numérique : programme de production d'une raffinerie. . . . .</b>	<b>151</b>
1. Présentation de l'exemple . . . . .	151
2. Mise en équation. . . . .	152
3. Recherche de la solution optimale initiale. . . . .	154
4. Résolution du problème paramétrique . . . . .	155
<b>C. PARAMÉTRISATION DE LA FONCTION ÉCONOMIQUE . . . . .</b>	<b>161</b>
<b>I. Algorithme . . . . .</b>	<b>161</b>
1. Principe de la méthode de résolution. . . . .	161
2. Changement de base . . . . .	163
3. Représentation graphique des variations de la fonction économique. . . . .	165
4. Réalisation pratique des calculs . . . . .	167
<b>II. Exemple numérique : problème du restaurateur. . . . .</b>	<b>169</b>
<b>D. EXERCICES . . . . .</b>	<b>175</b>

## Chapitre VII

### COÛTS MARGINAUX NOTIONS DE DUALITÉ

<b>A. COÛTS MARGINAUX . . . . .</b>	<b>177</b>
<b>I. Rappel de résultats antérieurs . . . . .</b>	<b>177</b>
<b>II. Signification des coûts marginaux. . . . .</b>	<b>179</b>
1. Relation avec les variations de la fonction économique . . . . .	180
2. Structure d'un coût marginal. . . . .	182
3. Intérêt de l'assouplissement de certaines contraintes . . . . .	183
<b>III. Signification des coûts de substitution . . . . .</b>	<b>184</b>
<b>IV. Stabilité des coûts marginaux . . . . .</b>	<b>186</b>
<b>V. Premier exemple numérique : problème du restaurateur . . . . .</b>	<b>188</b>
1. Stabilité de la valeur marginale de 1,5 F pour un oursin . . . . .	189
2. Stabilité de la valeur marginale de 0,5 F pour une huître. . . . .	196
3. Structure de la valeur marginale d'un oursin. . . . .	197
a. Cas où le nombre d'oursins est compris entre 0 et 18 . . . . .	197
b. Cas où le nombre d'oursins est compris entre 18 et 42 . . . . .	198
c. Cas où le nombre d'oursins est compris entre 42 et 60 . . . . .	199
4. Structure de la valeur marginals d'une huître. . . . .	199
<b>VI. Deuxième exemple numérique : programme de production d'une raffinerie. . . . .</b>	<b>200</b>
1. Solution optimale. . . . .	201
2. Coûts marginaux à l'optimum. . . . .	201

3. Coûts de substitution de 4 F pour le brut n° 4 . . . . .	204
4. Variations du coût marginal du fuel-oil . . . . .	205
5. Variations du coût marginal du gasoil . . . . .	211
6. Variations du coût marginal de l'essence . . . . .	217
7. Discussion des résultats . . . . .	219
8. Généralisation des résultats . . . . .	220
9. Structure des coûts marginaux . . . . .	223
a. Coût marginal de l'essence . . . . .	223
b. Coût marginal du gasoil . . . . .	224
c. Coût marginal du fuel-oil . . . . .	225
10. Analyse d'un coût de substitution . . . . .	226
<b>VII. Troisième exemple numérique : maximisation du profit d'une raffinerie . . . . .</b>	<b>228</b>
1. Mise en équation . . . . .	229
2. Choix d'une solution de base . . . . .	229
3. Analyse des coûts marginaux . . . . .	232
4. Solution optimale avec accroissement des ventes . . . . .	235
5. Analyse des nouveaux coûts marginaux . . . . .	238
6. Discussion des résultats . . . . .	241
7. Structure du profit marginal sur l'essence . . . . .	242
<b>B. NOTIONS DE DUALITÉ . . . . .</b>	<b>245</b>
<b>I. Définition de la dualité . . . . .</b>	<b>245</b>
1. Remarques . . . . .	245
2. Dual d'un problème sous forme canonique . . . . .	247
<b>II. Théorème fondamental de la dualité . . . . .</b>	<b>248</b>
1. Relation générale entre les deux fonctions économiques . . . . .	249
2. Existence d'un optimum fini . . . . .	250
3. Égalité des fonctions économiques à l'optimum . . . . .	250
<b>III. Signification des variables duales . . . . .</b>	<b>252</b>
<b>IV. Variables duales et coûts marginaux . . . . .</b>	<b>253</b>
1. Variable duale associée à une égalité . . . . .	254
2. Variable duale d'une contrainte non saturée à l'optimum . . . . .	254
3. Variable duale d'une contrainte saturée à l'optimum . . . . .	255
<b>V. Applications de la dualité . . . . .</b>	<b>255</b>
1. Intérêt de l'assouplissement de certaines contraintes . . . . .	255
2. Utilisation de la fonction économique duale . . . . .	256
3. Résolution du problème dual . . . . .	257
4. Application à la résolution des problèmes de transport . . . . .	257
<b>VI. Premier exemple numérique : problème du restaurateur . . . . .</b>	<b>258</b>
1. Résolution du problème dual . . . . .	258
2. Relation avec le problème primal . . . . .	259
3. Structure des variables duales . . . . .	260
<b>VII. Deuxième exemple numérique : dual du problème de minimisation des dépenses d'une raffinerie . . . . .</b>	<b>261</b>
1. Formulation du problème . . . . .	261
2. Résolution du problème . . . . .	262
3. Relation avec le problème primal . . . . .	262
4. Structure des variables duales . . . . .	264
5. Comparaison des solutions primale et duale . . . . .	265
<b>C. EXERCICES . . . . .</b>	<b>267</b>

## Chapitre VIII

INITIATION  
A L'OPTIMISATION DES TRANSPORTS

I. Premier exemple numérique . . . . .	269
1. Présentation de l'exemple . . . . .	269
2. Mise en équation . . . . .	270
3. Recherche d'une solution . . . . .	272
4. Optimisation par la méthode du simplexe . . . . .	274
5. Expression particulière des coûts directeurs . . . . .	275
6. Principe de la méthode des grilles . . . . .	279
7. Optimisation par la méthode des grilles . . . . .	280
8. Problème dual . . . . .	286
II. Deuxième exemple numérique . . . . .	288
1. Présentation de l'exemple . . . . .	288
2. Mise en équation . . . . .	289
3. Recherche d'une solution . . . . .	291
4. Amélioration de la solution actuelle . . . . .	295
a. Rappel de résultats antérieurs . . . . .	295
b. Détermination des composantes de $u_0$ . . . . .	295
c. Détermination des coûts directeurs . . . . .	297
d. Recherche d'une nouvelle solution de base . . . . .	297
5. Optimisation par la méthode des grilles . . . . .	299
III. Problèmes de transport : examen du cas général . . . . .	304
1. Formulation du problème . . . . .	304
2. Résolution du problème . . . . .	305
IV. Exercices . . . . .	305

## Chapitre IX

APPLICATIONS PRATIQUES  
DE LA PROGRAMMATION LINÉAIRE

A. CONSTITUTION OPTIMALE DES ESSENCES . . . . .	307
I. Présentation du problème . . . . .	307
1. Généralités . . . . .	307
2. Effet de l'addition d'un antidétonant . . . . .	308
3. Linéarisation de la contrainte d'éthylation . . . . .	310
II. Application pratique . . . . .	311
III. Formulation des contraintes . . . . .	311
1. Disponibilité en constituant i . . . . .	311
2. Volume de carburant n° I à fabriquer . . . . .	311
3. Limitation de la teneur en butane du carburant n° I . . . . .	312
4. Éthylation des carburants . . . . .	312
5. Limitation des teneurs en P.T.E. . . . .	313
6. Fonction économique . . . . .	313
IV. Mise en équation . . . . .	316

<b>V. Recherche d'une solution de base.</b> . . . . .	317
<b>VI. Application de la méthode du simplexe</b> . . . . .	318
1. Détermination du tableau simplexe de départ. . . . .	318
a. Détermination des composantes de $T^{12}$ . . . . .	319
b. Détermination des composantes de $T^{31}$ . . . . .	321
c. Détermination du vecteur-solution $t$ . . . . .	321
2. Discussion . . . . .	326
3. Amélioration de la précision. . . . .	327
<b>B. PROGRAMME OPTIMAL D'UNE RAFFINERIE.</b> . . . . .	335
<b>I. Présentation du problème</b> . . . . .	335
1. Généralités. . . . .	335
2. Rendement des bruts . . . . .	336
3. Spécifications des produits à fabriquer. . . . .	336
4. Caractéristiques des produits intermédiaires. . . . .	337
5. Données sur le platforming . . . . .	339
<b>II. Mise en équation.</b> . . . . .	339
1. Choix des inconnues . . . . .	339
2. Liste des contraintes . . . . .	342
3. Second membre . . . . .	342
4. Formulation des contraintes du bilan-matière . . . . .	343
a. Bilan gaz : (BIGZ). . . . .	344
b. Bilan propane : (BIPR). . . . .	344
c. Bilan butane : (BIBU) . . . . .	345
d. Bilan gasoline : (BIGE). . . . .	345
e. Bilan benzine : (BIBZ). . . . .	345
f. Bilan naphta léger : (BINL). . . . .	345
g. Bilan naphta moyen : (BINM). . . . .	345
h. Bilan naphta lourd : (BINH). . . . .	346
i. Bilan gasoil léger : (BIGL). . . . .	346
j. Bilan gasoil lourd : (BIGH). . . . .	346
k. Bilan fuel lourd ordinaire : (BIFH). . . . .	346
l. Bilan résidu Hassi-Messaoud : (BIRM). . . . .	346
m. Bilan combustibles : (BICB). . . . .	347
n. Bilan platforming-stock : (BIPS). . . . .	347
p. Bilan en volume du carburant-avo : (BICA). . . . .	348
q. Bilan en volume du supercarburant : (BISU). . . . .	348
5. Formulation des contraintes particulières au carburant auto . . . . .	348
a. Contrainte de production : (CPCA). . . . .	348
b. Densité minimale : (SDCA) . . . . .	348
c. Tension de vapeur maximale : (STCA) . . . . .	348
d. Nombre d'octane minimal : (SNCA) . . . . .	349
6. Formulation des contraintes particulières au supercarburant . . . . .	349
a. Contrainte de production : (CPSU). . . . .	349
b. Densité maximale : (SDSU). . . . .	349
c. Tension de vapeur maximale : (STSU). . . . .	350
d. Nombre d'octane minimal : (SNSU) . . . . .	350
7. Contrainte de production de pétrole : (CPKE) . . . . .	350
8. Formulation des contraintes particulières au gasoil léger . . . . .	350
a. Contrainte de production : (CPGL). . . . .	350
b. Teneur maximale en soufre : (SSGL) . . . . .	350
c. Inflammabilité minimale : (SIGL). . . . .	351
d. Point de congélation maximal : (SCGL) . . . . .	353
9. Formulation des contraintes particulières au fuel lourd . . . . .	354
a. Contrainte de production de fuel spécial : (CPFS) . . . . .	354
b. Contrainte de production de fuel lourd ordinaire : (CPFH) . . . . .	354
c. Viscosité maximale du fuel lourd ordinaire : (SVFH). . . . .	354

10. Bilan des pertes de fabrication (BIPE) . . . . .	355
11. Fonction économique. . . . .	355
12. Matrice des contraintes. . . . .	356
<b>III. Résolution du problème. . . . .</b>	<b>356</b>
1. Présentation des données . . . . .	357
2. Exemple numérique. . . . .	360
<b>IV. Interprétation de la solution optimale . . . . .</b>	<b>360</b>
1. Résultats essentiels . . . . .	360
2. Constitution des produits finis . . . . .	362
a. Carburant auto. . . . .	362
b. Supercarburant. . . . .	363
c. Gasoil léger . . . . .	364
d. Fuel lourd ordinaire. . . . .	364
3. Établissement des principaux bilans. . . . .	365
a. Bilan des pertes de fabrication . . . . .	365
b. Bilan des combustibles . . . . .	365
c. Bilan global de la raffinerie . . . . .	365
d. Bilan matière du platforming. . . . .	365
e. Bilan matière de la distillation des bruts . . . . .	367
<b>V. Coûts marginaux et variables duales. . . . .</b>	<b>367</b>
1. Valeur duale des produits finis. . . . .	367
2. Coût des contraintes. . . . .	369
a. Tension de vapeur . . . . .	369
b. Nombre d'octane . . . . .	369
c. Teneur en soufre du gasoil léger . . . . .	370
d. Point de congélation du gasoil léger . . . . .	370
e. Viscosité du fuel lourd ordinaire . . . . .	371
3. Coûts de substitution . . . . .	372
a. Gasoline utilisée comme combustible . . . . .	372
b. Production de platformat 85 N.O. . . . .	372
c. Utilisation du naphtha moyen. . . . .	372
d. Utilisation du résidu d'Hassi-Messaoud . . . . .	372
<b>VI. Influence du prix des bruts. . . . .</b>	<b>374</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE. . . . .</b>	<b>375</b>

BIBLIOTHEQUE DU CERIST