

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT GENIE INDUSTRIEL

3/89

T2

THESE

Présentée par :

OUDJET Khaled Ingénieur ENP

Pour l'obtention du diplôme de

MAGISTER EN GENIE INDUSTRIEL

TITRE

*VERS LA CONCEPTION ET LA REALISATION
D'UN MODELE DE SIMULATION SUR LE BUDGET
DEVOISE ET D'OPTIMISATION DU PLAN
DE PRODUCTION DU CVI-SNVI*

VOLUME 1

Soutenue publiquement le 26 Juin 1989 devant le jury :

Président : Mme. BELMOKHTAR Oumhani

Chargé de cours

Rapporteur : Mr. BOUZAHER Abdelaziz

Maitre de conférence

Examineurs : Mr. KERBACHE Laoucine

Maitre de conférence

et Mr. SALHI Said

Maitre de conférence

Invité : Mr OUDJIT Salah

Directeur CVI

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT GENIE INDUSTRIEL

THESE

Présentée par :

OUDJET Khaled Ingénieur ENP

Pour l'obtention du diplôme de
MAGISTER EN GENIE INDUSRIEL

TITRE

*VERS LA CONCEPTION ET LA REALISATION
D'UN MODELE DE SIMULATION SUR LE BUDGET
DEVISE ET D'OPTIMISATION DU PLAN
DE PRODUCTION DU CVI-SNVI*

VOLUME 1

Soutenue publiquement le 26 Juin 1989 devant le jury :

Président : Mme. BELMOKHTAR Oumhani

Rapporteur : Mr. BOUZAHER Abdelaziz

Examineurs : Mr. KERBACHE Laoucine

et Mr. SALHI Said

Invité : Mr OUDJIT Salah

Chargé de cours

Maitre de conférence

Maitre de conférence

Maitre de conférence

Directeur CVI

DEDICACES

JE DEDIE CE MODESTE TRAVAIL :

A LA MEMOIRE DE MA MERE

A MA FEMME

A MES ENFANTS

A TOUS MES AMIS ET COLLEGUES.

REMERCIEMENTS

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude et mes sincères remerciements à Dr A. BOUZAHER d'avoir accepté de diriger ce travail ainsi que pour tout son soutien intellectuel et moral qu'il n'a cessé de me prodiguer.

Je remercie également les responsables du CVI en l'occurrence Mr S. OUDJIT pour son aide précieuse dans l'accomplissement de ce travail.

Que tous les enseignants de post-graduation du département Génie Industriel de l'ENP trouvent ici l'expression de ma reconnaissance.

Je n'oublierais pas de remercier vivement Mr M. SMAIL pour le soutien qu'il m'a apporté dans la finalisation du présent mémoire.

TABLE DES MATIERES

	PAGE
<u>PREAMBULE</u>	7
<u>CHAPITRE I</u> : INTRODUCTION	9
<u>CHAPITRE II</u> : LA GESTION DE LA PRODUCTION	13
1. La fonction production	14
1.1 Généralités	14
1.2 La planification de la production	17
1.3 Le plan directeur	20
1.4 Le calcul des besoins	24
1.4.1 Généralités sur les méthodes de planification	24
1.4.2 La méthode MRP	26
1.4.3 Autres méthodes	27
1.5 Ordonnancement	30
1.6 La gestion de production assistée par ordinateur (GPAO)	30
1.6.1 Généralités	30
1.6.2 Logiciels de GPAO	31
2. La gestion de production au sein du CVI	33
2.1 Présentation du CVI	33
2.1.1 Données générales sur le CVI	33
2.1.2 Données techniques sur la production du CVI	33
2.2 La gestion de la production au CVI	36
<u>CHAPITRE III</u> : DEVELOPPEMENT DES MODELES DE SIMULATION ET D'OPTIMISATION	39
1. Méthodologie de simulation	40

	PAGE

1.1 Généralités	40
1.2 Le modèle CVI	43
1.2.1 Variations des produits à fabriquer	45
1.2.2 Variation des prix des pièces	45
1.2.3 Variation sur le choix des fournisseurs	45
2. Méthodologie d'optimisation	46
2.1 Objectifs d'optimisation	46
2.1.1 Impact budgétaire minimal	47
2.1.2 Budget devise minimal	47
2.1.3 Activité UAS maximale	48
2.2 contraintes du modèle	48
2.2.1 Limites de capacité spécifiques	49
2.2.2 Limite de capacité globale	49
2.3 Aperçu sur la "Goal Programming"	50
2.3.1 Généralités	50
2.3.2 Formulations principales	51
2.3.3 Méthodes de résolution	54
2.3.4 Applications de la Goal programming	55
3. Formulation mathématique du modèle de simulation	56
3.1 Budget devise de production	56
3.1.1 Formulation globale	56
3.1.2 Formulation par type de véhicule	57
3.1.3 Formulation par type de pièce	61
3.1.4 Formulation par fournisseur	63

	PAGE

3.1.5 Formulation par monnaie	64
3.2 Formulation de l'activité globale	64
3.3 Formulation des impacts	65
3.3.1 Définition de l'impact budgétaire	65
3.3.2 Définition de l'impact d'activité	66
3.4 Alternatives de simulation	66
4. Formulation mathématique du modèle d'optimisation	67
4.1 Formulation des objectifs	67
4.1.1 Minimisation de l'impact budgétaire	68
4.1.2 Minisation du budget devise	69
4.1.3 Maximisation de l'activité mécanique	69
4.2 Contraintes structurelles	70
4.2.1 Capacités spécifiques	70
4.2.2 Capacité globale	72
4.3 Alternatives d'optimisation	72
4.3.1 Formulation 1	73
4.3.2 Formulation 2	77
4.3.3 Simulation sur les paramètres d'optimisation	82
<u>CHAPITRE IV</u> : DESCRIPTION DU MODELE INTERACTIF	83
1. Description du modèle informatique	84
1.1 Principe	84
1.1.1 Menus de choix	84

	PAGE

1.1.2 Ecrans de saisie	85
1.1.3 Ecrans de résultats	85
1.1.4 Editions finales	86
2. Schéma global de fonctionnement	87
3. Unités fonctionnelles du modèle	87
3.1 Module évaluation du budget devise	90
3.2 Module de simulation sur les pièces	91
3.3 Module de simulation sur les véhicules	92
3.4 Module d'optimisation	92
3.5 Module d'édition	93
3.6 Module de maintenance des fichiers	93
4. Liste des unités de traitement	94
<u>CHAPITRE V</u> : APPLICATION DU MODELE ET RESULTATS	95
1. Le banc d'essai	96
1.1 Présentation du banc d'essai	96
1.1.1 Données sur les véhicules	96
1.1.2 Données sur les fournisseurs	99
1.1.3 Données sur les pièces	100
1.1.4 Données sur les monnaies	101
1.1.5 Désignation des pays d'origine	101
1.2 Application du modèle interactif au banc d'essai	102
1.2.1 Simulation	102
1.2.2 Optimisation	102

	PAGE

1.3 Conclusion sur l'application du banc d'essai	107
2. Application du modèle au cas CVI	109
2.1 Données du problème	109
2.2 Etape 1 : Optimisation sans simulation	114
2.2.1 Phase 1 : Programme intégré optimal	114
2.2.2 Phase 2 : Programme partiellement intégré optimal	121
2.2.3 Programme de production global optimal (1987)	124
2.3 Etape 2 : Optimisation avec simulation	124
2.3.1 Simulation sur les coûts unitaires devise des véhicules	125
2.3.2 phase 1 : Programme intégré optimal	126
2.3.3 phase 2 : Programme partiellement intégré optimal	129
2.4 Conclusion sur l'application CVI	131
<u>CHAPITRE VI: CONCLUSION</u>	132
1. Objectifs de la recherche	133
2. Etapes parcourues et contribution de la recherche	134
3. Perspectives de développement du modèle	136
<u>BIBLIOGRAPHIE</u>	138
<u>TABLE DES TABLEAUX</u>	142
<u>TABLE DES FIGURES</u>	144
<u>TABLE DES ANNEXES</u>	145
<u>TABLE DES NOTATIONS</u>	146

PREAMBULE

Le thème étudié dans le présent mémoire rentre dans le cadre de l'obtention du diplôme de première Post-graduation (MAGISTER) de l'ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE, département GENIE INDUSTRIEL, et s'intitule :

"VERS LA CONCEPTION ET LA REALISATION D'UN MODELE DE SIMULATION SUR LE BUDGET DEVISE ET D'OPTIMISATION DU PROGRAMME DE PRODUCTION DU CVI/SNVI ."

Le thème a été proposé par le CVI (Complexe Véhicules Industriels) qui est une unité de la SNVI (SOCIETE NATIONALE DES VEHICULES INDUSTRIELS) et dont le siège se trouve à ROUBA (Wilaya de BOUMERDES), (voir fiche synthétique de présentation de SNVI en annexe I).

Le thème vise à contribuer à apporter une solution aux différents problèmes liés à l'utilisation du budget devise d'importation de pièces et sous-ensembles nécessaires à la fabrication des véhicules industriels.

L'idée de développer un tel modèle fut proposée initialement par les gestionnaires du CVI notamment pour les besoins de la gestion de la production et s'inscrit dans la recherche d'une meilleure efficacité dans la gestion de l'entreprise. La préoccupation réside en effet dans le souci d'utiliser au mieux les ressources de l'entreprise afin de réduire les coûts devise de production.

A ce titre, le souhait initial des gestionnaires du CVI était de disposer d'un outil leur permettant de mesurer les variations du budget devise de production du complexe qui peuvent survenir de la variation de certains paramètres dont ce budget devise dépend.

L'utilisation de cet outil est prévue sous forme d'un modèle interactif informatisé devant permettre une aide à la décision en matière de négociations ainsi que pour certains travaux de planification et de prévision.

En effet, les variations subies par le budget devise et notamment celles qui le font augmenter posent des problèmes de dépassement de l'enveloppe devise allouée annuellement au complexe.

Ces perturbations sur le budget devise induisent très souvent des modifications au niveau du programme de production. Compte tenu principalement de la limitation de la ressource devise, il est nécessaire de recalculer de nouvelles quantités à fabriquer par type de véhicule et par conséquent un nouveau programme de production.

Le modèle projeté devait, dans ce cadre, permettre d'abord le calcul du nouveau budget devise de production sur la base des nouvelles données, puis de déterminer l'écart avec le budget initial (avant modification des paramètres).

Par la suite, après avoir analysé la problématique et pris connaissance des données de base du budget devise du complexe, nous avons jugé utile d'inclure au modèle interactif de simulation un modèle d'optimisation du programme de production.

Ceci se justifie par le fait que le budget devise, une fois modifié, induit impérativement un nouveau programme de production calculé sur la base de la meilleure affectation possible de l'enveloppe devise allouée au complexe. Le calcul du programme de production optimal tiendra compte des capacités de production spécifiques aux différents types de véhicules ainsi que de la capacité globale du complexe, ainsi que des préférences des décideurs.

De même, le nouveau programme de production sera déterminé de manière à satisfaire un autre objectif essentiel constitué par la meilleure utilisation des moyens de production exprimés en terme d'activité du complexe.

A titre de convention, nous utiliserons dans le présent mémoire une terminologie simplifiée pour rendre les concepts de gestion de production à la portée d'un grand nombre de lecteurs.

C'est ainsi que nous utiliserons le terme de "programme de production" pour désigner simplement les quantités à fabriquer par type de véhicule et le terme "pièces" pour désigner aussi bien les pièces élémentaires à importer que les sous/ensembles et organes livrés en tant que tels. Dans tous les cas il s'agira d'éléments importés et par conséquent générateurs de coûts en devises.

CHAPITRE I

INTRODUCTION

En gestion de production, l'étape de définition du plan directeur constitue une phase importante du processus de planification de la production. Les données de base utilisées pour la détermination du plan directeur sont généralement constituées par le carnet de commandes (données commerciales) et les études de marché (prévision de la demande).

Ainsi, le plan directeur représente souvent le reflet de l'environnement commercial de l'entreprise dont la raison d'être demeure la satisfaction d'une demande estimée.

Les situations où l'étude de marché est un élément déterminant de la stratégie de l'entreprise s'appliquent beaucoup plus aux pays industrialisés caractérisés par une concurrence et une abondance de biens à l'image du degré de développement atteint.

Dans ces situations d'économie de marché, les responsables d'entreprises de production s'appliquent à produire à moindre coûts et en quantités nécessaires et suffisantes pour être compétitifs. Ceci dans le double but de satisfaire une clientèle très exigeante par le fait de la concurrence et d'assurer à l'entreprise une bonne rentabilité des équipements installés.

Ces responsables s'attachent aussi à diversifier leurs produits commerciaux pour répondre à la demande du marché et pour minimiser les risques.

Par contre, lorsque le marché est caractérisé par une inélasticité de la demande, l'entreprise ne peut pas se baser sur les informations commerciales pour établir sa planification.

En effet, dans les situations de pénurie en produits fabriqués par l'entreprise en question, l'étude du marché devient plus simple et sans effets sur les volumes à produire. Un volume de production infini serait l'idéal jusqu'au moment où le marché redevient normal. C'est le cas aussi des situations où il existe des monopoles de production ou de distribution en période de pénurie.

Cet aspect s'aggrave lorsque les inputs de production (ressources financières, humaines et/ou matérielles et matières) se trouvent en défaut. Autrement dit, lorsque ces ressources sont rares ou difficilement disponibles. Dans ce cas, le programme de production doit obéir à d'autres règles de détermination.

La situation en Algérie à travers le complexe CVI/SNVI correspond sensiblement à ce dernier cas auquel il faut ajouter le fait que le complexe, pour fabriquer les véhicules doit faire appel à l'importation de certains organes et pièces . Ces derniers étant livrés en général, à partir du marché européen , subissent les lois de la concurrence et des fournisseurs. Leurs prix et les conditions de vente y afférentes peuvent changer et perturber la planification de production de départ du complexe.

La simulation proposée dans le modèle interactif développé dans ce mémoire, permet la prise en compte de ces perturbations de différentes natures et fournit les impacts en terme de montants devises dûs aux importations et d'activité horaire correspondante .

C'est sur la base d'une part de la limitation des ressources rares telles que financières en devises et d'autre part des capacités installées, que le modèle procède à la détermination du programme optimal de production.

Ce qui différencie cette approche de l'approche classique énoncée plus haut est le fait de produire des quantités de véhicules sans se soucier de la demande (considérée infinie) en pensant uniquement à rentabiliser les installations tout en respectant le niveau des ressources dont dispose le complexe.

C'est dans ce contexte précis de planification de production que se situe le modèle développé dans ce mémoire et dont le but est de répondre à trois préoccupations majeures de l'heure à savoir :

- prévision de production (programme de production),
- négociation avec les fournisseurs,
- aide à la décision par la simulation.

Ces préoccupations sont prises en charge, tout au long de ce mémoire, par les différentes facilités d'exploitation et les options de simulation et d'optimisation prévues dans le modèle interactif.

A ce titre, l'organisation du mémoire est structurée en six chapitres.

Le chapitre I définit le sujet et pose la problématique et la méthodologie globale.

Le chapitre II définit les concepts de gestion et de planification de la production et fournit une présentation du complexe CVI et de la situation de sa gestion de la production.

Le chapitre III représente la partie la plus importante du mémoire et traite le développement du modèle de simulation/optimisation de détermination du programme de production.

Le modèle interactif informatisé résultant est présenté dans le chapitre IV à travers la description des unités fonctionnelles et de traitement qui composent ledit modèle.

Le chapitre V décrit le banc d'essai utilisé pour tester le modèle interactif et présente l'application au cas du CVI.

La conclusion générale du mémoire présentée dans le dernier chapitre donne une rétrospective des étapes parcourues et cite certaines perspectives de développement du travail de recherche entrepris.

En outre, le modèle interactif en question est codifié en Fortran 77 et a été développé sur un mini-ordinateur du type VAX 750 en utilisant un utilitaire de masque d'édition (TDMS) pour la saisie des paramètres et l'affichage des résultats synthétiques de simulation.

NOTE : Le système de référence adopté sera alphabétique d'abord et chronologique ensuite.

CHAPITRE II

LA GESTION DE LA PRODUCTION

Le présent chapitre comprend deux parties principales :

- une présentation générale de la FONCTION PRODUCTION dans l'entreprise et introduit la notion de système de production. La gestion de la production chargée de piloter le système de production est décrite à travers le processus de planification.

- une présentation du CVI et de l'organisation de sa gestion de la production.

1. LA FONCTION PRODUCTION :

L'objet de cette partie est une description de la fonction production dans l'entreprise et de son système de pilotage constitué par la gestion de la production. Elle décrit aussi les étapes principales de planification de la production tels que le plan directeur, le calcul des besoins et l'ordonnancement.

A cette occasion, nous situerons le modèle interactif proposé dans le processus général de planification.

1.1 GENERALITES :

La fonction production au sein de l'entreprise telle que définie par Doumeingts et al. (1983, page 21), vise l'objectif essentiel de produire des biens et/ou services afin de dégager une plus value constituée par la rémunération des capitaux engagés . De même, elle vise aussi un objectif social de satisfaction d'une demande tout en assurant des garanties en matière de stabilité d'emploi ou l'atteinte d'un degré de développement escompté .

Dans tous les cas de figure, la fonction production recherchera un marché solide et sûr pour les produits fabriqués avec une politique des prix étudiée.

Au sein de l'entreprise, la fonction production entretient des liaisons étroites avec toutes les autres fonctions. Ces liens peuvent être de différentes natures selon les fonctions. Très souvent, ils représentent soit des transferts de ressources (main d'oeuvre, équipements, matières) soit des flux d'information.

La figure II.1 illustre le réseau simplifié de relations existant entre la fonction production et les autres fonctions de l'entreprise.

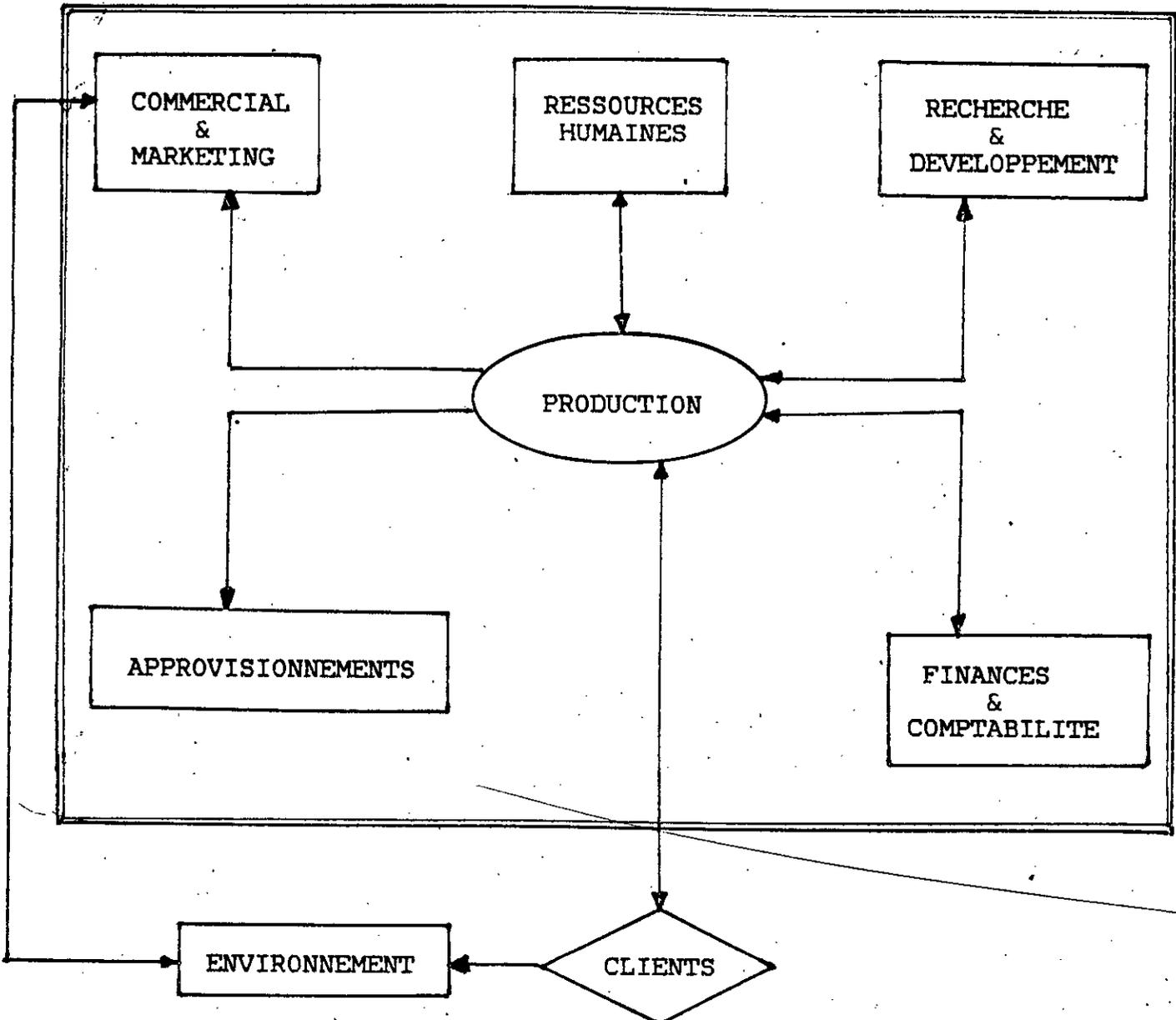


Figure II.1 : Les fonctions de l'entreprise.

La fonction production comprend des activités qui peuvent varier d'un process de fabrication à un autre. Ces activités sont généralement regroupées dans des services ou ateliers tels que :

- la fabrication,
- l'entretien et la réparation (maintenance),
- le contrôle de qualité,
- les méthodes,
- les études techniques,
- la planification et l'ordonnancement,
- les approvisionnements/stocks.

Ces activités se caractérisent par de fortes interactions dues à leurs natures et à leur caractère complémentaire. Elles forment ainsi un bloc compact appelé "SYSTEME DE PRODUCTION".

La figure II.2 donne une représentation schématique du système de production physique tel que défini par Doumeingts et al. (1983, page 27) :

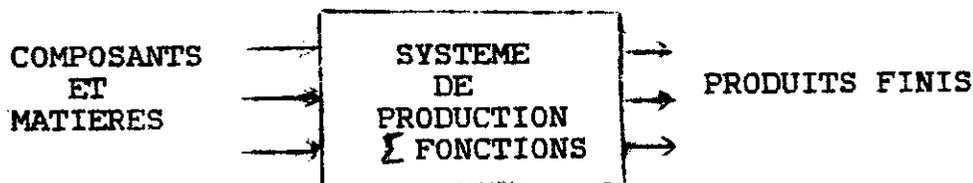


Figure II.2 : Le système de production.

Le pilotage du système de production de l'entreprise est assuré par un système de "GESTION DE LA PRODUCTION" dont le rôle est d'élaborer tous les ordres de gestion nécessaires à la réalisation des objectifs de production assignés.

Néanmoins, l'atteinte des objectifs visés dépend dans une large mesure du degré d'efficacité et de précision du système de gestion de la production mis en place dans l'entreprise.

La gestion de la production fait appel à la planification pour organiser et prévoir les différentes décisions en matière de conduite de la production et notamment les quantités à fabriquer et leur programmation dans le temps.

1.2 LA PLANIFICATION DE LA PRODUCTION :

La présente section fournit une description des niveaux de décision constituant les étapes de planification conduisant au lancement de la fabrication.

En terme d'objectifs, la planification de la production vise à prendre les décisions qui s'imposent à l'avance et qui permettent :

- d'une part, de mettre en place la capacité nécessaire de production correspondant au programme envisagé. Cette catégorie est appelée : "Planification de la Capacité".
- d'autre part, de conduire les flux matières et assurer la régulation des stocks et encours afin de produire à temps voulu et en quantités nécessaires et suffisantes. Cette catégorie de la planification est appelée : "Planification des Flux".

La planification de la production traite les flux internes et externes au système de production selon quatre niveaux de décision (ISGP 1987 c) :

- le niveau 1 et 2 : Elaboration du plan directeur (global et détaillé),
- le niveau 3 : Calcul des besoins,
- le niveau 4 : L'ordonnancement/lancement

La figure II.3 donne une représentation schématique des niveaux de décision de la planification (ISGP 1987 c):

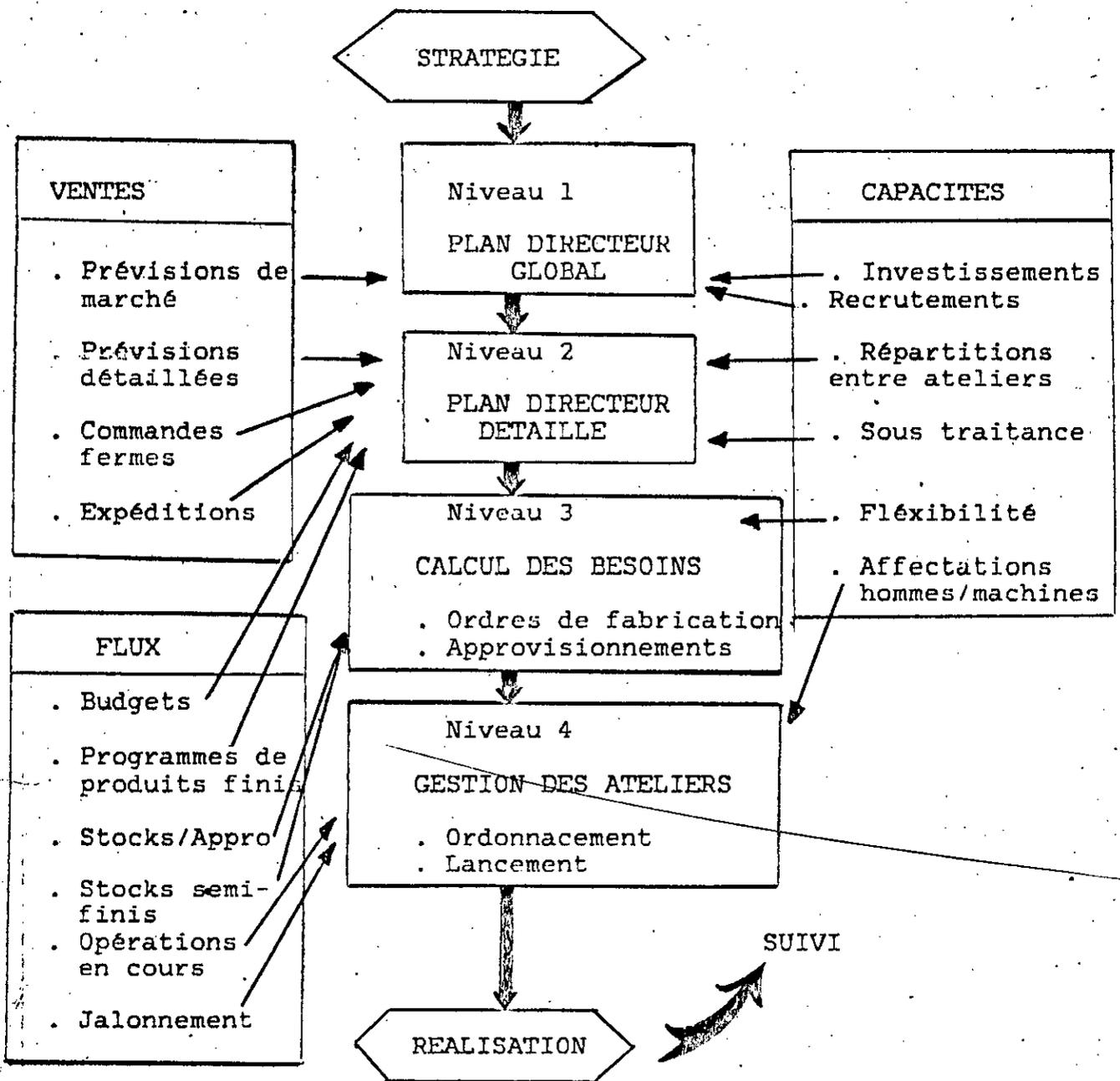


Figure II.3 : Planification de la production

Les niveaux de décision ainsi présentés constituent les étapes de planification dont les horizons et les périodes de prise de décisions sont donnés dans la figure II.4 (Doumeingts et al. 1983 page 32) :

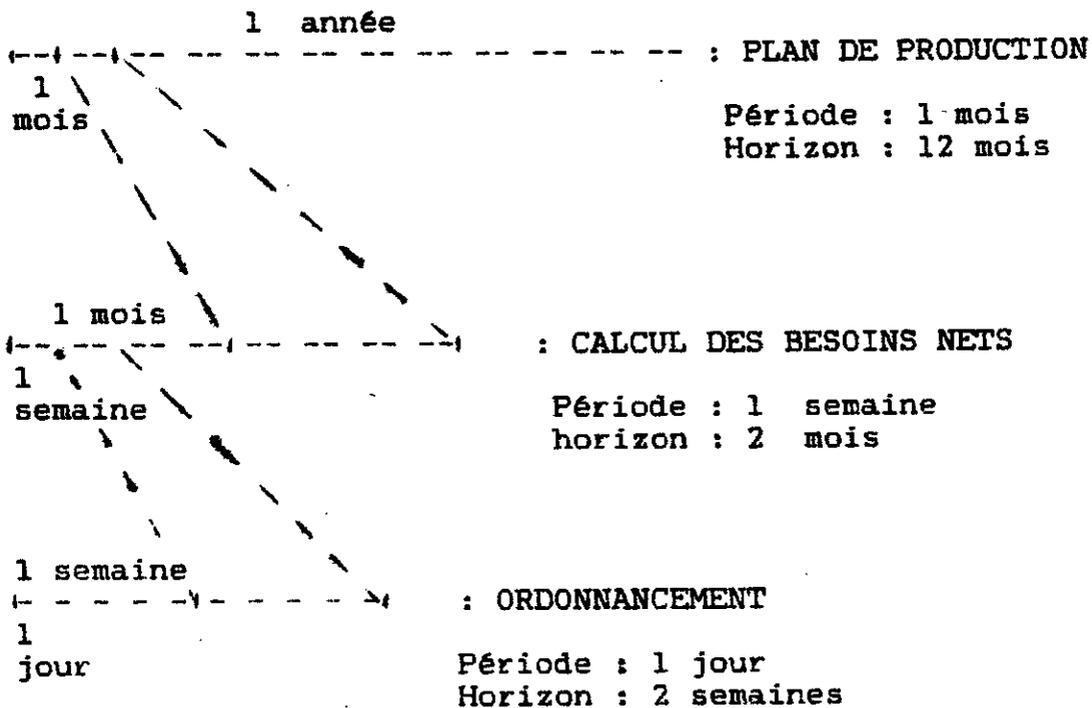


Figure II.4 Horizons et périodes de prise de décisions.

Dans ce cadre, le modèle interactif objet du mémoire se situe au niveau de la première étape de la planification de production et aura pour objectif de contribuer à la détermination du programme de production, élément principal du plan directeur.

Cet aspect sera introduit lors de la description du plan directeur (cf 1.3 du présent chapitre) puis détaillé dans le chapitre III lors de la formulation du modèle de simulation et du modèle d'optimisation.

Dans les sections ci-après nous présentons succinctement les principales étapes de la planification de la production à savoir le PLAN DIRECTEUR, le CALCUL DES BESOINS et l'ORDONNANCEMENT.

1.3 PLAN DIRECTEUR :

Dans le schéma classique de gestion de production qui vient d'être présenté, il existe un plan directeur global et un plan directeur détaillé (ISGP 1987 c). Ils ont pour objectifs :

- de construire un programme faisable et optimal selon certains critères,
- de prévoir le cadre commercial dans lequel doit se faire l'engagement de l'entreprise,
- de prévoir les décisions à prendre sur, d'une part les capacités et les flux, et d'autre part sur les ressources (financières, matérielles et humaines) à mettre en oeuvre.

Dans la suite du mémoire, nous utiliserons la notion de plan directeur pour désigner le plan directeur aussi bien global que détaillé.

Le plan directeur contient les états prévisionnels des paramètres globaux de gestion se rapportant à la production. Ces paramètres peuvent représenter des niveaux physiques et/ou valorisés tels que :

- les volumes des charges,
- les niveaux des stocks,
- la facturation.

Les informations contenues dans le plan directeur peuvent aussi être de différentes natures telles que :

- commerciales sur les produits,
- techniques (macro-nomenclatures, macro-gammes etc...),
- de suivi (états du système).

C'est à partir du plan directeur que l'on détermine le programme de production représentant une synthèse du carnet de commandes clients ou d'une demande de marché, des prévisions de vente et des stocks (Bottechia and Rorive 1981).

Il sera ensuite nécessaire de déglobaliser le programme de production pour déterminer les besoins exacts et détaillés d'approvisionnement et de fabrication en sous-ensembles, éléments et pièces. Cette planification à court terme est prise en charge par le calcul

La figure II.5 schématise l'étape plan directeur telle que définie par "La gestion des flux", ISGP (1987 c).

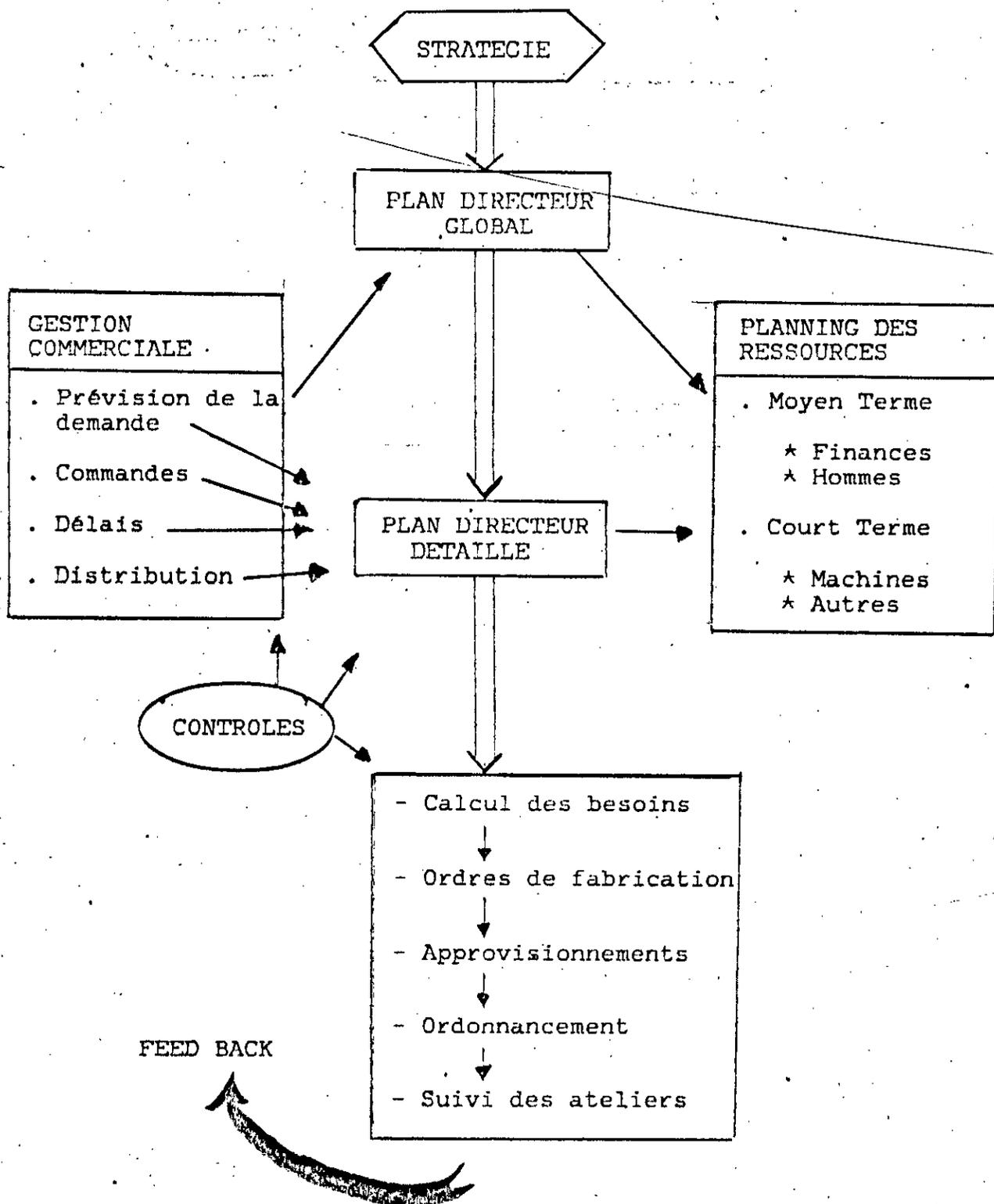


Figure II.5 : Plan directeur.

Figure II.5 : Plan directeur.

Dans le cas du modèle interactif objet du mémoire, la détermination du plan directeur obéit à d'autres critères que ceux relevant directement du marché ou des informations commerciales. En effet, lorsque le marché est caractérisé par une demande illimitée et lorsque l'entreprise ne peut pas mobiliser la capacité nécessaire pour faire face au programme de production projeté, la prévision commerciale ne peut pas être d'une grande utilité.

La rareté des ressources financières d'une part et la rentabilisation des capacités installées d'autre part constituent dans ce cas la base de l'optimisation du plan de production.

Celui-ci sera donc déterminé eu égard à l'enveloppe devise allouée au complexe pour l'importation des composants, pièces et organes entrant dans la fabrication des véhicules. Lorsqu'au cours d'un exercice, le programme se trouve perturbé par une variation de ces ressources rares, le modèle sera en mesure de recalculer le nouveau programme de production tout en prenant en compte la nouvelle situation.

La figure II.6 place le modèle interactif dans le processus de planification :

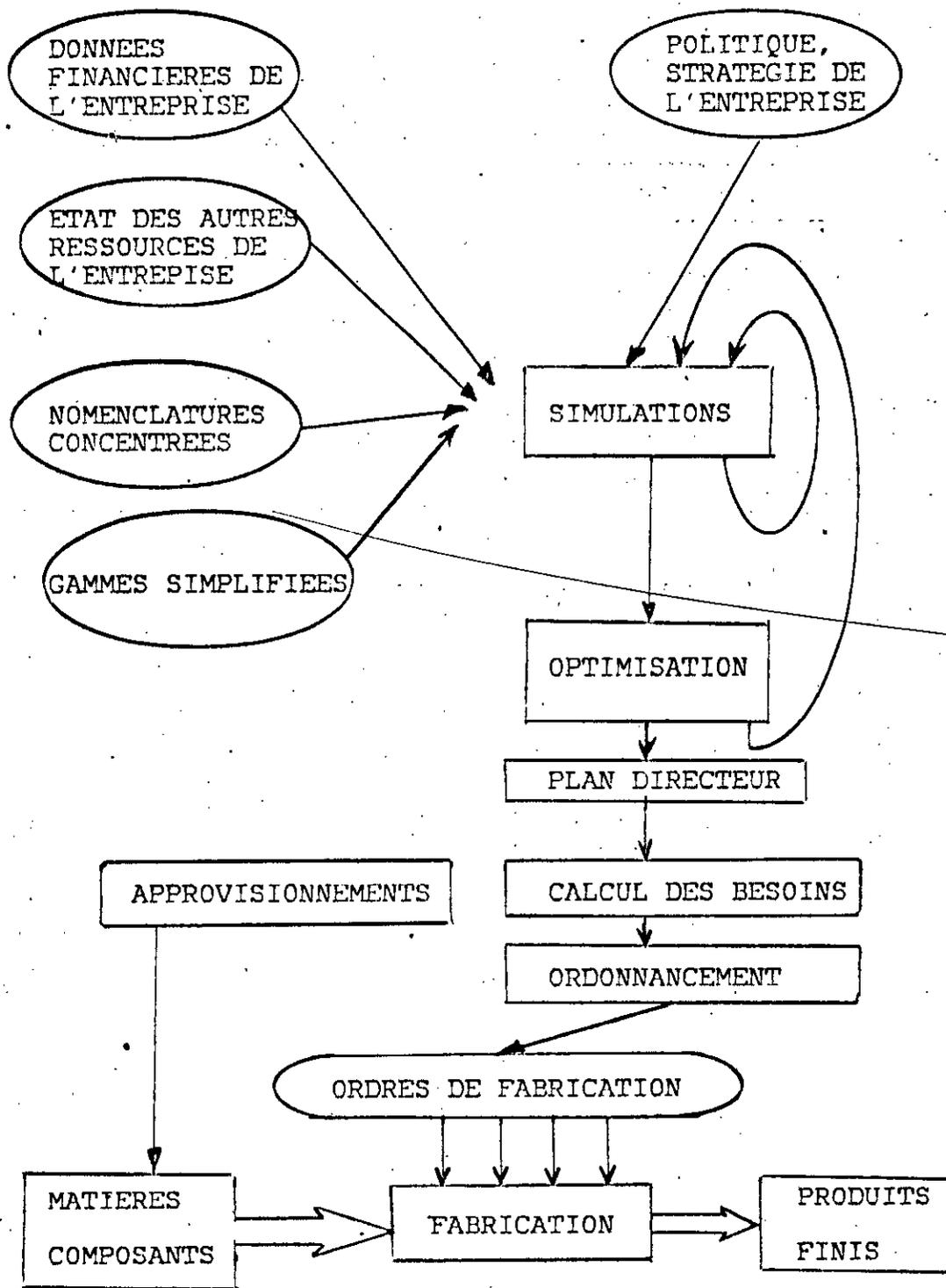


Figure II.6 : Modèle de simulation/Optimisation dans la planification de la production.

1.4 CALCUL DES BESOINS :

1.4.1 GENERALITES SUR LES METHODES DE PLANIFICATION :

Lorsque le plan directeur est établi et que les quantités à fabriquer sont connues (programme de production), le système de planification passe à un autre niveau de détails représenté par le calcul des besoins et la préparation des ordres de fabrication.

La figure II.7 fournit un exemple d'étapes de calcul des besoins pour le cas d'une nomenclature à plusieurs niveaux (ISGP 1987 c).

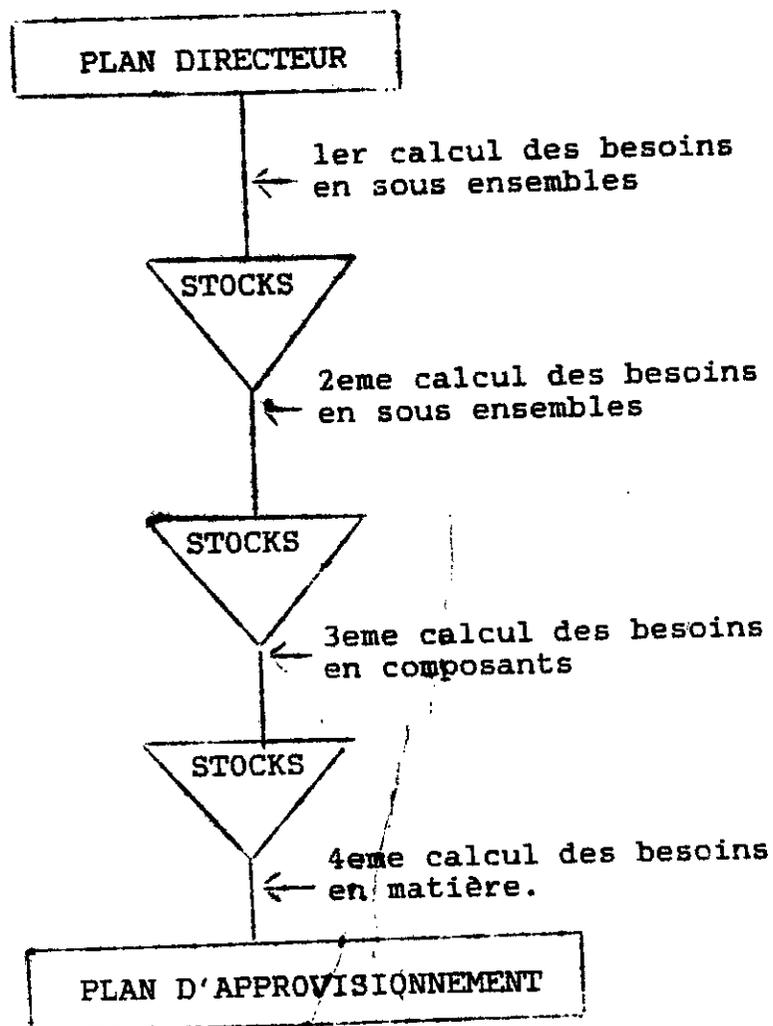


Figure II.7 Exemple d'étapes de calcul des besoins.

Ces différentes étapes sont assurées par des méthodes de planification et de gestion des flux dont les principales sont :

- la méthode MRP (Material Requirement Planning),
- la méthode GPC (gestion Par la Charge),
- La méthode JIT (Just In Time) ou KANBAN (étiquette),
- la méthode OPT (Optimized Production Technology),
- la méthode FMS (Flexible Manufacturing System).

Ces méthodes représentent de nos jours les derniers développements en matière de planification de la production.

Nous donnons ci-après une brève description des méthodes énoncées et nous faisons référence à cet effet à l'excellent article de Sumer (1985) intitulé : "MRP, JIT, OPT, FMS Making sense of Production Operations Systems".

L'auteur décrit en effet ces méthodes comme étant une véritable révolution en gestion de production. Il met l'accent sur les récents développements en la matière et écrit à ce propos :

" During the last 15 years, three important approaches - Material requirement planning (MRP), Kanban (JIT), and optimized production technology (OPT) - have invaded operations planning and control in quick succession, one after the other. Each new system has challenged old assumptions and ways of doing things " .

L'auteur fait ensuite une introduction sur une quatrième méthode dénommée FMS et cite :

" As if these choices aren't enough, managers face a new alternative with the emergence of flexible manufacturing system (FMS). Current indications even suggest that FMS may totally do away with existing operations planning and control systems".

Dans ce qui suit, nous développons la méthode MRP car elle se trouve actuellement appliquée manuellement au niveau du complexe CVI .

De même, elle constitue la solution informatique (GPAO)(#) retenue par le complexe mais non encore implantée.

GPAO : Gestion de Production Assistée par

Ordinateur.

1.4.2 LA METHODE MRP :

La méthode MRP a été développée aux USA dans les années 60 par ORLICKY et porte le sigle de MRP (Matériel Requirement Planning) qui se traduit en français par : "Planification des Besoins en Composants " notée PBC (ISGP 1987 c, ch 3.1 p 3).

Actuellement, la méthode a été largement enrichie (MRP2)(ISGP 1987 c) et permet de prendre en charge les autres fonctions de l'entreprise (fonctions finances, commerciale, industrielle etc...) dans le principe du plan directeur, rendant ainsi ce dernier l'élément central du système de gestion de production.

La méthode MRP consiste en une gestion synchronisée des stocks de fabrication de manière à avoir constamment les pièces destinées à la production au bon moment et en quantités suffisantes.

De ce fait, les objectifs visés par la méthode sont:

- des niveaux de stock faibles,
- le respect des délais,
- une capacité d'adaptation aux modifications commerciales.

A titre indicatif, nous présentons ci-après de façon succincte, les principaux entrants et extrants de la méthode MRP :

Il s'agit en entrée :

- du plan directeur de vente et de production
- des prévisions en pièces détachées,
- des nomenclatures des produits,
- des stocks (réels et en commande),
- des délais et cycles.

et en sortie :

- des besoins prévisionnels en composants et en matières,
- et du plan d'approvisionnement.

La démarche MRP est indiquée pour des types de production par lots (Job Shop) et est qualifiée de méthode à " Flux poussé ". Le flux des pièces est généré par une demande prévisionnelle.

Doumeingts et al. (1983, page 54) fournissent dans une représentation schématique, donnée en figure II.8, les principaux intervenants de la méthode MRP.

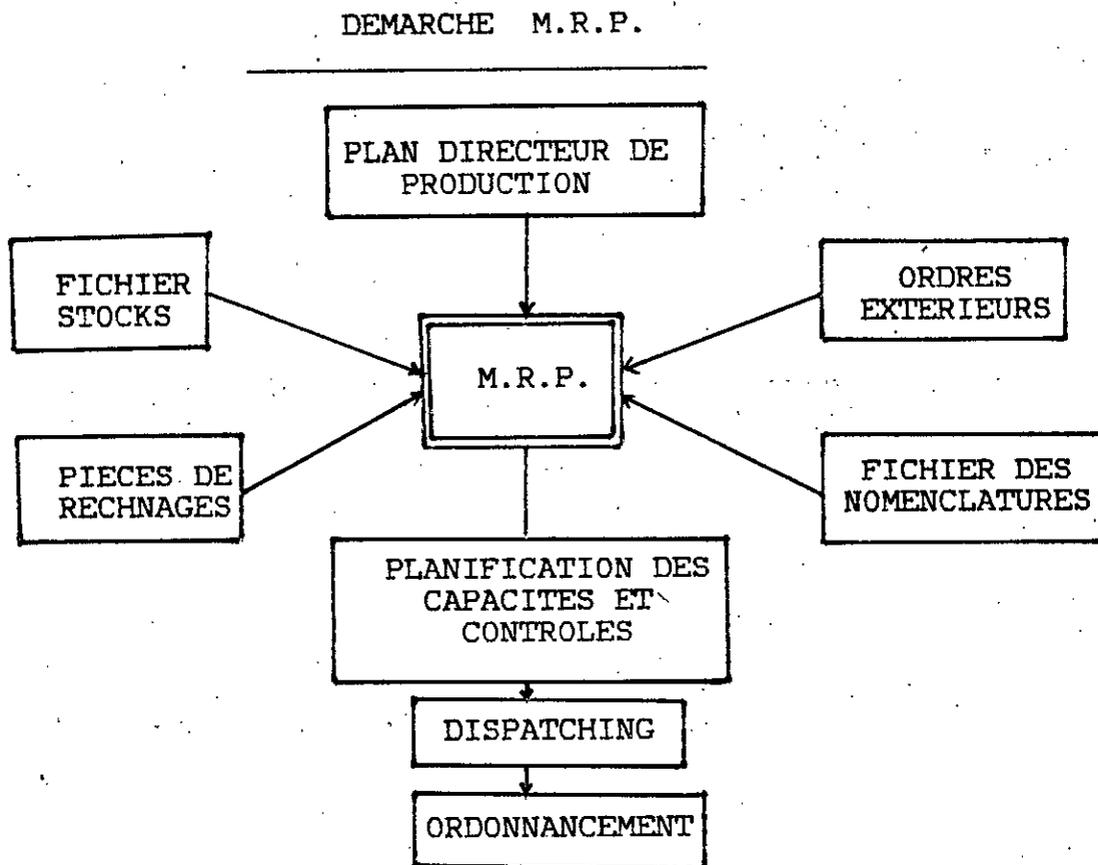


Figure II.8 : La méthode MRP.

Un exemple de calcul manuel par la méthode MRP inspiré d'une étude de cas "PLAN PRO" fournie par ISGP (1987 b) est présentée en annexe II au présent mémoire .

1.4.3 AUTRES METHODES :

Dans le même contexte, nous décrivons plus brièvement les autres démarches de gestion de production énoncées plus haut.

- Méthode GPC (Gestion par la Charge):

La méthode GPC est d'origine française et est destinée à un type d'industrie particulier telle que la sous-traitance interne ou externe. Lassouri (1985) introduit la méthode comme ayant un objectif se rapportant à l'utilisation des machines et non des stocks.

Il écrit notamment :

" L'objectif du responsable de production n'est plus l'optimisation de la gestion des stocks qui devient presque secondaire mais l'optimisation de l'utilisation des machines et des délais de livraison".

Le principe de la méthode GPC est basé sur la priorité accordée à l'optimisation de l'utilisation des machines et des délais de livraison. Elle favorise ainsi les problèmes d'ordonnancement.

Etant donné un parc machines et une main-d'oeuvre limitée, l'ordonnancement consiste à charger au mieux les divers postes de travail tout en respectant les délais et un niveau d'en-cours acceptable.

La méthode s'applique à des produits divers avec une demande fluctuante peu prévisible. Le type de gestion des stocks et en-cours découle de l'ordonnancement de la charge.

- Méthode Kanban (JIT: Just In Time) :

La démarche KANBAN (Schonberger 1984) se base sur le principe suivant : la demande est générée par la consommation et uniquement par elle. Dans ce cas, on ne produit pas pour les stocks et c'est pour cette raison que certains auteurs (Doumeingts et al. 1983) qualifient cette démarche par : "méthode du stock ZERO ", ou " à flux tiré " (travail à la commande).

Dans son article "Special Report", Sumer (1985) cite les objectifs de la méthode en écrivant:

"Kanban's core objectives is to obtain low cost, high quality, on time production. To achieve this, the system attempts to eliminate stocks between the successive processes and to minimize any idle equipment, facilities, or workers."

La démarche KANBAN implique des productions stabilisées et des relations industrielles (inter-entreprises) très exigeantes (Lassouri 1985).

- Méthode OPT : (Optimized Production Technology)

Le principe de base de la méthode est l'utilisation d'algorithmes d'ordonnancement dans le but de maximiser l'utilisation des ressources critiques et des équipements tout en minimisant les en-cours et les temps morts.

Sumer (1985) caractérise la méthode OPT comme étant un package informatique qui enregistre les données relatives aux besoins de la production et des équipements disponibles, puis le système contrôle les charges existantes et cible les capacités qui constituent des goulots d'étranglement.

- Méthode FMS (Flexible Manufacturing System):

Le principe qui a guidé la conception d'une telle méthode de gestion (Sumer 1985) a été la notion de systèmes flexibles sous forme de lignes de production automatisées. Ces systèmes flexibles supposent l'intégration de la planification et de la conduite de la production de manière totalement automatique.

De tels systèmes offrent de grandes capacités d'adaptation face aux perturbations ou modifications du plan de production. L'intervention de l'homme dans les ateliers flexibles est réduite au strict minimum.

La méthode prévoit l'automatisation des fonctions principales tels que la production, la manutention, la gestion de l'outillage, le bureau des méthodes, le contrôle de qualité et de la comptabilité analytique.

Parmi les méthodes décrites, la démarche MRP reste actuellement celle qui convient le mieux aux besoins du CVI. L'environnement industriel caractérisé par les relations inter-entreprises et le type de production (par lots) et de process (procédés complexes) justifient ce choix vis-à-vis des autres méthodes.

En effet, Doumeingts et al. (1983, page 55) cite les résultats d'une étude faite par APICS (American Production and Inventory Control Society) sur l'utilisation de la méthode MRP et note à ce propos que plus les procédés de fabrication sont complexes, plus l'utilisation des systèmes MRP se généralise et devient nécessaire.

De même, Lassouri (1985) fournit un tableau comparatif des méthodes MRP, KANBAN et GPC selon :

- les objectifs,
- les types de production,
- les types de produits,
- les types de demandes,
- les types de gestion des moyens de production,
- et les types de gestion des stocks en en-cours.

Les résultats de l'analyse nous conduisent à affirmer que la méthode MRP reste la plus indiquée pour le CVI eu égard à son organisation et aux caractéristiques de sa production.

1.5 ORDONNANCEMENT :

L'ordonnancement représente la dernière étape de la planification de la production et nécessite également des études et des choix basés sur les capacités techniques de l'entreprise. Ceci fait appel aux techniques d'ordonnancement dont une grande partie sont basées sur les méthodes combinatoires et d'optimisation en nombres entiers, des méthodes de simulation et de files d'attente (Johnson and Montgomery 1974, Faure 1979).

1.6 LA GESTION DE PRODUCTION ASSISTEE PAR ORDINATEUR (GPAO):

L'objet de cette section est de fournir un aperçu sur la GPAO et de donner une idée sur les logiciels les plus connus en la matière.

1.6.1 GENERALITES :

Le recours à l'informatique pour le calcul des besoins s'est fait rapidement car les méthodes de planification elles-mêmes s'y prêtent aisément.

Par contre, en ce qui concerne le plan directeur, son informatisation ne s'est pas faite dans les mêmes conditions. Ceci vient du fait que l'approche du plan directeur est très souvent propre à chaque entreprise (ISGP 1987 c, ch 2.6 page 1).

De même, au niveau des entreprises de production, l'informatisation de la fonction production s'est déroulée très lentement comparativement aux autres domaines de gestion de l'entreprise (gestion administrative et financière) .

De nos jours, il existe de nombreux progiciels de GPAO regroupant les fonctions principales de la gestion de la production tels que :

- gestion des données techniques,
- le plan directeur de production,
- le calcul des besoins,
- la gestion des stocks et approvisionnements,
- l'ordonnancement/lancement,
- le suivi de fabrication.

Au niveau du CVI, la GPAO se trouve en phase de mise en place et certaines actions préliminaires sont d'ores et déjà achevées. Le choix du fournisseur du progiciel à implanter et des équipements informatiques sont arrêtés. Il s'agit en effet du progiciel MM-PM 3000 de Hewlett Packard (Doumeingts et al. 1983, page 99) basé sur la technique MRP qui sera installé sur un équipement HP 3000.

1.6.2 LOGICIELS DE GPAO :

L'informatisation de la Gestion de la Production est relativement récente et touche à l'heure actuelle aussi bien les grandes que les petites et moyennes entreprises .

Cette automatisation a été cependant réalisée non pas en terme d'applications classiques assurant uniquement une activité de traitement d'information mais plutôt sous la forme de système de gestion intégré.

En effet, comme tout logiciel de gestion assisté par ordinateur, les concepteurs ont cherché principalement à faire prendre en charge le maximum de tâches par l'ordinateur et surtout en prévoyant, lorsque c'est nécessaire et possible, des recherches de solutions par le biais de modèles internes.

Cette assistance fournie par la machine se retrouve par exemple dans le calcul prévisionnel de détermination de la demande ou dans l'ordonnancement de la charge des ateliers.

Les progiciels de GPAO sont classés en deux catégories :

- les logiciels spécifiques, autrement dit développés spécialement pour les besoins propres de l'entreprise et selon les caractéristiques de son activité,
- les logiciels standards développés par les organismes spécialisés en software. Ceux-là utilisent généralement les techniques de paramétrage de l'activité pour couvrir un éventail diversifié d'entreprises.

Dans leur ouvrage "La gestion de production assistée par ordinateur" (page 93), Doumeingts et al. (1983) fournit un état descriptif détaillé des progiciels de GPAO les plus connus sur le marché. Il présente à cet effet une analyse comparative des différents progiciels selon les fonctions qu'ils assurent et les domaines d'application. Nous citons ci-après, à titre indicatif, quelques progiciels de GPAO actuellement très répandus dans le domaine industriel :

- TZAR par Production systèmes.
- OLAF de WANG par Ile de France Cybernétique et Informatique Appliquées (IFCIA),
- M.R.P.S. (Manufacturing Ressources Planning System) par CINCOM SYSTEMS,
- PCS III (Production Control System) par BURROUGHTS,
- UNIS 80 par SPERRY UNIVAC,,
- MM-PM 3000 (Gestion Matière - Gestion d'atelier) par HEWLETT PACKARD,
- IMS-TD 61 de CII-HB,
- TOLAS PRODUCTION MS 11 de CII,
- SAFES d'ICL,
- MAPICS d'IBM.

2. LA GESTION DE PRODUCTION AU SEIN DU CVI :

Cette partie présente brièvement le complexe CVI/SNVI à travers une fiche technique fournie par CVI (1987) et renfermant les données de base de la production. Elle renseigne également sur la situation des procédures de gestion de la production appliquées dans le complexe .

2.1 PRESENTATION DU CVI :

2.1.1 DONNEES GENERALES SUR LA PRODUCTION DU CVI:

Les données générales sur la production du CVI sont les suivantes :

- Produits standards : évolution lente
- processus : ateliers, fabrication par lots
- production : en deux phases
 - approvisionnements et fabrication pour le stock
 - montage organes et véhicules sur programme
- carnet de commandes : en mois théoriquement (indéfini en réalité)
 - Stocks produits finis : 6 mois
 - stocks en cours : 4 mois
 - Stocks matières : 12 mois

2.1.2 DONNEES TECHNIQUES SUR LA PRODUCTION DU CVI :

La production de véhicules industriels est généralement un processus très complexe de part l'importance et la diversité des opérations qui le composent.

Cependant, on peut schématiser ce processus par un certain nombre de fonctions choisies selon l'importance de leurs activités. Ces fonctions représentent les différentes étapes de fabrication.

Pour les besoins de l'étude, nous avons regroupé ces étapes de fabrication en cinq fonctions principales. Ces fonctions ont été classées selon les volumes d'activités horaires et sont les suivantes :

- Forge,
- Emboutissage,
- Mécanique,
- Montage camions,
- Montage autobus,

Au niveau du complexe CVI, ces fonctions sont prises en charge par les ateliers dans lesquels les différentes pièces, organes et sous-ensembles sont fabriqués et par les ateliers de montage par ou transitent les véhicules.

L'activité de chaque étape est évaluée en UAS (unité allouée standard) pour les machines et en UTS (unité de temps standard) pour la main-d'oeuvre. Ces activités sont exprimées en minutes.

L'activité valorisée d'un type de véhicule donné est obtenue en évaluant les UAS et les UTS à l'aide d'un barème standard. On obtient ainsi le barème des coûts standards par type de véhicule.

Ce barème est présenté dans l'annexe III.

Par ailleurs, le complexe produit neuf types de véhicules industriels dont la codification est donnée dans le tableau II.1.

CODIFICATION	DESIGNATION
- K 66	Camion de transport 6.6 T PTC(#)
- K 120 M	Camion de transport 12 T PTC
- M 230	Camion 3 Ponts 6x6 20 T PTC
- TB 260	Tracteur 260 Cv 35 T PTR(##)
- TB 305	Tracteur 305 Cv 35 T PTR
- C 260 4X2	Véhicule de chantier 19 T
- C 260 6X4	Véhicule de chantier 26 T
- 49 V 8	Véhicule de transport du personnel en inter urbain 49 places
- 100 V 8	Véhicule de transport du personnel en urbain : 100 places.

Tableau II.1 : Types de véhicules fabriqués par le CVI.

PTC : Poids total en charge
PTR : Poids tracté

Le tableau II.2 fournit, par fonction, les proportions moyennes en terme d'activité UAS.

FONCTIONS	PROPORTIONS (%)
-----	-----
MECANIQUE	38.8 %
EMBOUTISSAGE	12.2 %
MONTAGE CAMIONS	13.6 %
MONTAGE AUTOBUS	27.6 %
FORGE	7.8 %

	100 %

Tableau II.2 : Proportions d'activité UAS par fonction (%) du CVI.

le tableau ci-dessus fait ressortir l'importance relative de la fonction mécanique qui, en moyenne, est voisine de 40 % de l'activité UAS totale.

De même, la fonction mécanique représente actuellement un goulot d'étranglement qui conditionne fortement la capacité de fabrication du complexe.

Cette particularité sera introduite lors de l'optimisation du programme de production. En effet, pour prendre en compte la rentabilité des équipements installés, nous utiliserons comme critère d'optimisation l'activité mécanique UAS du fait d'une part, de son aspect prédominant et d'autre part, de son aspect goulot d'étranglement.

REMARQUE :

En ce qui concerne les prévisions commerciales, elles sont théoriquement prévues sur 15 mois. Elles devraient être établies par le marketing sur la base des indices économétriques puis éclatées par mois selon le carnet de commandes. En réalité, depuis l'introduction du Plan National de distribution (PND), le carnet de commandes n'est plus pris en compte et aucune prévision commerciale n'est établie.

2.2 LA GESTION DE LA PRODUCTION DU CVI :

En terme de planification de la production au sein du CVI, on distingue deux types d'horizons :

- long terme (LT) (5 ans) : Plan à LT.

Le plan à LT sert à la prévision des investissements et des produits nouveaux . Il est exprimé en quantités globales annuelles par type de véhicule.

- Moyen Terme (MT) (1 an): Plan à MT.

Le plan Moyen Terme est fixé une fois par an au niveau de l'entreprise (siège) et est révisable en cours d'exercice lors des prévisions de clôture.

Les diagrammes suivants donnent les horizons de planification et de prévision des plans LT et MT :

PLAN LONG TERME :

```

      1987   1988   1989   1990   1991
/-----/-----/-----/-----/-----/
/----->
  
```

Horizon Gelé : 1 année

```

/----->
  
```

Horizon de planification : 3 ans

```

/----->
  
```

Horizon de prévision : 5 ans

PLAN MOYEN TERME :

```

      1987           1988           1989
/ - - - I - - - - - / - - - - - / - - - - - / - - - - - / - - - - -
      M-21      M-12           M
/ - - - - - >
  
```

Horizon Gelé : 6 mois

```

/ - - - - - >
  
```

Horizon de planification : 15 mois

```

/ - - - - - >
  
```

Horizon de prévision : 21 mois

Le plan MT couvre un horizon de 15 mois glissant. L'horizon gelé correspond à la période non révisable du plan.

Par ailleurs, la gestion de la production est assurée au niveau du complexe CVI par les trois étapes classiques à savoir le plan directeur, le calcul des besoins en organes, sous ensembles et pièces utilisant la méthode MRP manuelle et enfin l'ordonnancement/lancement.

En ce qui concerne le plan directeur, il est défini sur la base des plans LT et MT énoncés ci-dessus. Deux propositions sont établies indiquant les quantités mensuelles pour chaque type de véhicule pour une période de 12 mois :

- Une proposition commerciale de programme de véhicules,
- et une proposition commerciale solution sur demandes et options.

Sur la base de ces deux documents, il est établi un "programme d'engagement véhicules" tenant compte des décalages entre les engagements et les mises à disposition. Une vérification est faite à ce niveau en ce qui concerne les moyens et les réaménagements nécessaires. Deux contre-propositions sont alors établies :

- proposition de programme d'engagement véhicules,
- et proposition de programme d'engagement et solution sur demande et options.

Sur la base de ces propositions, un calcul des charges et des activités est entrepris en prenant en compte les nomenclatures des véhicules et les gammes simplifiées.

Ces calculs entraînent des navettes de négociation entre les services commerciaux et la production pour la finalisation du programme définitif. Dans la réalité, le plan ainsi établi n'est pas glissant et est figé pour une année et les prévisions commerciales ne sont pas régulièrement communiquées.

L'arbitrage par la direction générale permet très souvent l'adoption du programme de production.

L'étape qui suit le plan directeur est celle du calcul des besoins établi par mois et couvrant le programme de véhicules plus une période de 3 mois. Ce calcul donne en sortie des états qui seront utilisés pour déterminer les besoins prévisionnels de consommation.

L'ordonnancement et le lancement de la fabrication représentent la dernière étape du processus de planification de la production du CVI et fournit le programme journalier de montage des véhicules ligne par ligne ou poste par poste.

A travers la situation décrite de la gestion de la production au sein du CVI, nous remarquons que les étapes énoncées correspondent à celles décrites dans le processus classique de planification de production à l'exception du plan directeur.

Celui-ci est en effet une simple hypothèse de travail issue du plan à moyen terme et même parfois d'une décision de la direction. Il ne représente pas le reflet commercial de l'entreprise et encore moins de son carnet de commandes. Il ne fait l'objet d'aucune optimisation.

C H A P I T R E I I I

DEVELOPPEMENT DU MODELE DE SIMULATION ET DU

MODELE D'OPTIMISATION

L'objet de ce chapitre est de présenter la méthodologie de traitement de la simulation envisagée dans le modèle interactif ainsi que celle de l'optimisation prévue sur le programme de production du complexe CVI. Le chapitre constitue de ce fait la partie théorique fondamentale du travail présenté dans ce mémoire.

Les paragraphes 3 et 4 présentent les formulations des modèles respectivement de simulation et d'optimisation. Ces formulations constituent la base des traitements pris en charge par le modèle interactif.

Nous avons prévu d'introduire chacune des formulations par un historique en la matière pour replacer le travail entrepris dans le contexte scientifique adéquat.

1. METHODOLOGIE DE SIMULATION :

1.1 GENERALITES :

Avant d'aborder la méthodologie de détermination du budget devise et la simulation envisagée dans le modèle, nous allons d'abord décrire les principes et objectifs de base des techniques de simulation ainsi que ses différentes formes selon les domaines d'utilisation.

En terme de définition, Shannon (1975, page 2) définit la simulation comme étant un processus de modélisation puis d'expérimentation et d'évaluation d'un système réel :

"Simulation is the process of designing a model of a real system and conducting experiments with this model for the purpose either understanding the behavior of the system or of evaluating various strategies (within the limits imposed by a criterion or set of criteria) for the operation of the system".

En effet, l'approche de simulation commence en général par la construction d'un modèle expérimental lié à un système, ensuite par l'évaluation des différentes alternatives en fonction de leur apparition dans le fonctionnement du modèle.

Il existe de nombreux exemples de simulation dans notre environnement et en particulier ceux qui se rapportent au domaine industriel.

En effet, la simulation dans le domaine de la production peut rendre de nombreux services aux gestionnaires dans la conduite et l'organisation des ateliers de production. L'exemple de Douglas DeMaire présenté dans "System simulation -the art and science" (Shannon 1975, p 336-346) sur "Overhead Crane" (pont roulant), illustre un cas de simulation sur les effets de remplacement d'un équipement dans un processus industriel.

L'exemple en question tente de résoudre un problème posé de la manière suivante : " Quelle serait la perte en capacité de coulage résultant de la mise en service d'un nouveau équipement sans changer de pont roulant".

De nos jours, les domaines d'intervention des techniques de simulation sont très nombreux. Pritsker (1984) cite à ce propos, dans son ouvrage "Simulation and SLAM II", pas moins de 50 filières, touchant tous les domaines de la vie économique et sociale, dans lesquelles les techniques de simulation sont utilisées.

Dans le domaine industriel et en particulier dans la conduite des ateliers, certains problèmes d'organisation peuvent être abordés par la simulation. C'est le cas du problème d'interférence existant lorsqu'un opérateur contrôle plusieurs machines à la fois. A titre d'exemple, le cas étudié par Freeman et al. (Shannon 1975, p 323-335) et intitulé "Solving Machine interference by simulation", illustre une application de la simulation dans la recherche d'une meilleure productivité des équipements et des hommes.

Aussi, la simulation d'un phénomène de pannes de machines ou de circulation des pièces dans un atelier peut aussi être envisagée par recours à la technique des files d'attente afin de prévoir l'organisation adéquate des chaînes de fabrication ou de leur maintenance.

Faure (1979, ch VIII) donne un exemple de simulation d'une gestion de stocks en vue de comparer deux méthodes d'approvisionnement.

Par ailleurs, les différents modèles de simulation peuvent être classés selon leurs objectifs et leurs natures :

- statiques ou dynamiques,
- déterministes ou stochastiques,
- discrets ou continus,
- physiques, analogues ou symboliques.

Cette classification reste globale et non rigide. Un modèle peut cependant appartenir à deux ou plusieurs classes en même temps selon la nature du phénomène qu'il représente ou en fonction des types de variables qui définissent le système.

L'aspect dynamique se retrouve lorsque le système à simuler dépend du temps. Le rôle de la simulation sera alors de faire passer le système d'un état à un autre sur l'axe des temps. Si le phénomène étudié est complexe, cela nécessitera un nombre considérable de calculs. Dans ces cas, le recours à l'informatique devient alors nécessaire. De même, plus l'ordinateur utilisé sera puissant, plus on pourra décomposer le nombre d'étapes de telle façon à rapprocher le processus de la réalité.

Par contre, les modèles dont le système ne change pas d'état (indépendant du temps par exemple) sont considérés statiques.

Le type de phénomène permet aussi de définir la nature des variables et des paramètres qui seront manipulés par le modèle. Dans le cas d'un phénomène régi par le hasard, le modèle sera du type stochastique. Pour générer les entrées du système d'expérimentation, le recours aux techniques d'échantillonnage, de nombres au hasard ou aux études statistiques spécifiques seront nécessaires.

Aussi, l'analyse des outputs du modèle quand il s'agit des cas d'évaluation fait intervenir des techniques de validation des résultats (analyse de variance par exemple).

De même, certains phénomènes sont caractérisés par des variables ou paramètres de type discret, autrement dit prenant des états précis et ponctuels dans le temps. C'est le cas par exemple des machines qui tombent en panne dans un atelier de production. Le modèle de simulation qui permettrait d'analyser la perturbation de la production serait de type dynamique, stochastique et discret.

Dans les modèles de simulation continus, l'état du système est représenté par des variables qui changent constamment dans le temps.

Nous nous intéresserons particulièrement au type "modèle symbolique" ou modèle mathématique dans lequel des symboles sont utilisés pour représenter soit des entités ou grandeurs soit des rubriques. En effet, les symboles Q_i et B_i peuvent par exemple représenter respectivement le volume de production et le budget devise du véhicule i .

Ce type de modèle est souvent une idéalisation abstraite obtenue par de multiples simplifications du système réel. Dans ce cas, le modèle se base sur des hypothèses de travail afin d'être solvable.

En effet, il est souvent préférable de représenter les systèmes complexes par des modèles mathématiques et de préférence informatisés dans lesquels les incertitudes, les interactions dynamiques et les interdépendances seront toutes formalisées par des relations et qui seront ensuite consignées dans des programmes.

1.2 LE MODELE CVI :

En ce qui concerne la simulation prévue dans le modèle interactif objet du présent mémoire et qui se rapporte au budget devise et au programme de production du complexe CVI, nous allons concevoir un modèle de simulation déterministe du type "WHAT-IF". Ce type de modèle se trouve en effet indiqué pour répondre à des préoccupations de type : "que se passera-t-il si telle ou telle variable (ou paramètre) se trouve modifiée."

L'aspect déterministe vient du fait que le modèle proposé est destiné à la gestion. L'utilisateur du modèle étant le gestionnaire, celui-ci fixe les valeurs des paramètres du budget devise et les introduit sous forme de données au modèle qui en contrepartie fournit les différents impacts de coûts devises et d'activité. Le gestionnaire établit ainsi des scénarios de gestion à même de l'aider dans la connaissance des conséquences résultants des telle ou telle situation.

Pour fonctionner de manière souple et efficace, le modèle de simulation proposé basé sur les scénarios doit être développé en mode interactif. L'utilisateur saisie les valeurs des paramètres et reçoit les valeurs des impacts en temps réel tout en mémorisant les alternatives élaborées au cours d'une utilisation du modèle.

Le modèle n'utilise pas les informations historiques pour prédire le phénomène de fluctuation préssenti mais beaucoup plus pour donner l'état du système à un instant donné selon les conditions définies par le gestionnaire.

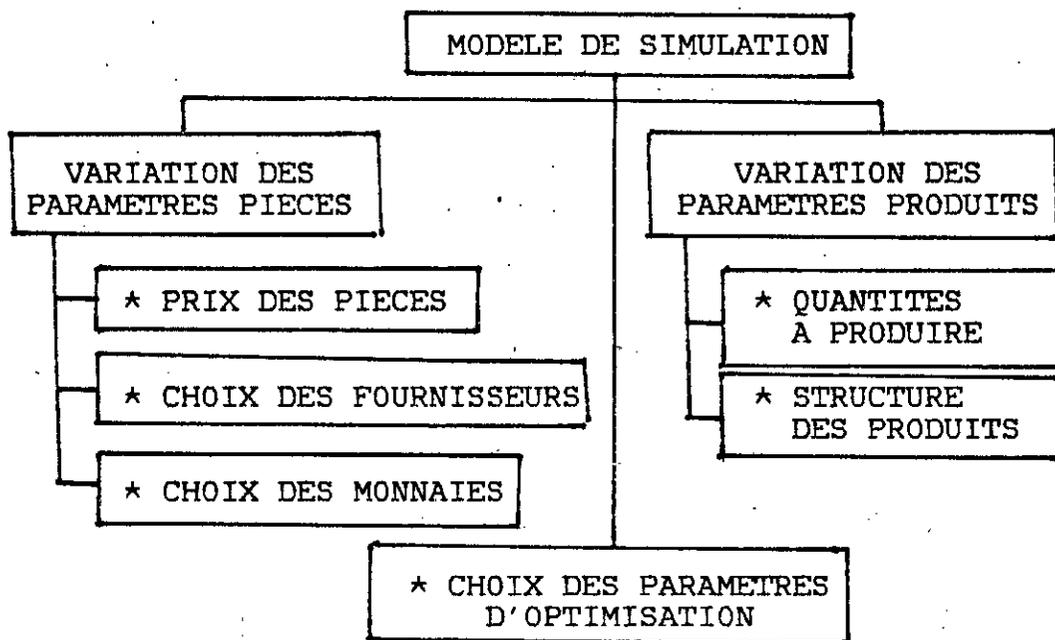
Cette simulation se base sur la prise en compte des différentes modifications des éléments de gestion pouvant concerner entre autres :

- la variation des quantités des véhicules à fabriquer,

- la fluctuation des prix des pièces et/ou sous ensembles importés,
- de nouvelles stratégies à adopter vis-à-vis d'un fournisseur et/ou d'une monnaie,
- la fluctuation des taux de change des monnaies choisies ou imposées par les fournisseurs,

Les variations de ces paramètres induisent des perturbations aussi bien au niveau du budget devise qu'au niveau du programme de production. Ces perturbations sont formalisées par deux types d'impacts budgétaire et en activité. Ces impacts reflètent en fait, l'influence des paramètres modifiés lorsque leurs variations sont cumulées.

Le schéma ci-après présente les différentes options de simulation basées sur les modifications des paramètres pouvant concerner les pièces importées ou les produits fabriqués :



Pour les besoins du modèle de simulation arrêté pour le CVI, nous allons reprendre dans la section qui suit, les différents types de modifications les plus fréquentes et les plus significatives qui ont été sélectionnées en collaboration avec les gestionnaires du CVI.

1.2.1 Variation des quantités par type de véhicule à fabriquer :

La simulation proposée dans ce cas porte sur tous les types de véhicules (options de base) produits par le CVI et qui peuvent se distinguer en deux classes:

- Véhicules sous contraintes de capacité
- Véhicules à quantité fixe.

Les quantités à produire par type de véhicule de la première catégorie sont comprises dans des intervalles de capacité (limites inférieures et limites supérieures) ce qui donne une marge de manoeuvre permettant ainsi une éventuelle optimisation.

En ce qui concerne les véhicules de la seconde catégorie, il s'agit le plus souvent de prévoir une certaine quantité fixée sans aucune marge de manoeuvre. Cet état de chose peut provenir par exemple des conséquences de certaines contraintes institutionnelles.

Exemple : véhicules très spécifiques tels que les véhicules militaires ou les véhicules à marché limité (véhicules de voirie).

Cette catégorie de véhicules, de toute évidence, ne sera pas concernée par l'optimisation.

1.2.2 Variations des Prix des Pièces importées :

Les prix des pièces exprimés en devises représentent la déterminante du coût devise par type de véhicule et sont libellés généralement dans la monnaie d'échange conformément au contrat d'approvisionnement liant le CVI au fournisseur.

Cependant, ces prix ne sont pas fermes. Ils sont en effet révisables au moment des renégociations .

1.2.3 Variations sur le Choix des fournisseurs:

Pour diverses raisons, on voudrait pouvoir simuler sur le changement de fournisseur pour une pièce donnée et qui implique généralement un changement de prix des pièces livrées par celui-ci.

Cet aspect sert souvent dans la recherche d'une diversification des sources d'approvisionnement et comme moyen de négociation . En effet un fournisseur peut pour des raisons de rentabilité moduler ses prix en fonction des quantités à fournir.

Nous reviendrons sur ces aspects de variation des paramètres du budget devise dans la section traitant la formulation du modèle de simulation.

2. METHODOLOGIE D'OPTIMISATION DU PROGRAMME DE PRODUCTION :

L'optimisation envisagée concerne le programme de production autrement dit les quantités à fabriquer par type de véhicule. Le modèle d'optimisation utilise dans sa formulation des paramètres fixes liés à la structure des véhicules et des paramètres variables résultant de la simulation entreprise. Ceci conduit à la formulation d'autant de programmes à résoudre que de simulation entreprise par l'utilisateur.

Cependant, la formulation du modèle d'optimisation sera établie séparément pour le cas de la simulation sur les paramètres des véhicules (quantités à fabriquer) et pour le cas de la simulation sur les paramètres des pièces. Dans les deux cas, il sera prévu des options d'optimisation par défaut représentant les alternatives les plus significatives du point de vue préoccupations de gestion. Le rôle de ces options sera discuté dans la section 4 du présent chapitre puis dans le chapitre IV lors de la présentation des résultats sur le banc d'essai.

2.1 OBJECTIFS D'OPTIMISATION :

La recherche du programme de production optimal est établie sur la base des critères suivants :

- la minimisation de l'impact budgétaire induit par les variations des paramètres simulés,
- l'obtention d'un budget devise limité par une enveloppe fixée généralement par le volume des crédits alloués au complexe (pour un exercice donné). Ce critère se traduit par un objectif de minisation du budget devise relatif au programme de production.
- l'utilisation au mieux des capacités de production installées. En d'autres termes, il s'agit d'éviter d'obtenir une charge des ateliers en deça des capacités de l'usine et d'être alors obligé de compresser le personnel ou de mettre des machines en sous-charge technique,

A travers l'énoncé des critères visés par la détermination du programme de production, nous remarquons que nous sommes en présence d'un problème multi-objectifs sous contraintes.

Nous développons ci-après la forme mathématique de chacun des objectifs et des contraintes du modèle d'optimisation.

2.1.1 Impact budgétaire minimal :

On souhaite ici rendre minimal l'impact budgétaire, c'est à dire le budget supplémentaire (IMPACT POSITIF) résultant d'une SIMULATION.

Le coût unitaire devise de l'impact pour un type de véhicule représente la différence entre l'ancien et le nouveau coût unitaire modifié via la simulation.

En utilisant le coût unitaire devise de l'impact de chaque type de véhicule, l'expression de l'impact budgétaire sera représentée par une équation linéaire et l'objectif recherché pourra être formulé de la manière suivante :

$$\text{Min} \quad \sum_{i=1}^n QP_i * e_i \quad (1)$$

avec :

e_i : Impact budgétaire unitaire du véhicule i

QP_i : Quantité à fabriquer du véhicule i

n : Nombre de types de véhicules

Dans ce cas l'impact total en devise représente la somme des impacts par type de véhicule qui sont eux même proportionnels aux quantités fabriquées.

2.1.2 Budget devise minimal :

De la même manière, en utilisant les coûts unitaires devise par type de véhicule, l'expression du budget devise total est linéaire. En effet, pour un type de véhicule, le budget devise correspondant est proportionnel à la quantité fabriquée.

L'objectif correspondant sera de minimiser le coût total devise se rapportant au programme de production :

$$\text{Min } \sum_{i=1}^n QP_i * B_i \quad (2)$$

avec :

B_i : Coûts unitaires devises du véhicule i .

2.1.3 Activité UAS mécanique maximale :

Dans la suite du mémoire, nous utiliserons l'activité UAS pour désigner celle de la mécanique. C'est en effet sur la base de l'activité mécanique que nous construisons l'objectif de rentabilisation des installations.

L'équation de l'activité UAS est aussi linéaire par rapport aux quantités à fabriquer. En effet, l'activité UAS est directement proportionnelle aux quantités du programme de production et à l'activité UAS unitaire par type de véhicule.

L'objectif dans ce cas est de maximiser cette activité pour assurer une utilisation rentable des équipements installés.

L'expression de l'objectif s'écrit :

$$\text{Max } \sum_{i=1}^n QP_i * A_i \quad (3)$$

avec :

A_i : Nombre d'UAS allouées au véhicule i

2.2 CONTRAINTES DU MODELE :

Outre les objectifs énoncés, le modèle tient compte des contraintes structurelles propres au complexe et notamment aux capacités installées au niveau des différents ateliers.

Il s'agit :

- des limites inférieures et supérieures de production exprimées par type de véhicule,
- de la capacité globale de production du complexe exprimée en nombre total de véhicules.

Les limites inférieures et supérieures imposées par type de véhicule sont déterminées par des analyses sur le processus de fabrication et de montage en relation avec la capacité globale du complexe.

Les contraintes du problème s'écrivent :

2.2.1 Limites de capacité spécifiques :

$$L_i \leq QP_i \leq U_i \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (4)$$

avec :

L_i : Limite inférieure de capacité du véhicule i

U_i : Limite supérieure de capacité du véhicule i

2.2.2 Limites globales de capacité :

$$\sum_{i=1}^n QP_i \leq Nb_v \quad (5)$$

avec :

Nb_v : nombre total maximal de véhicules que le CVI peut produire.

2.2.3 Non négativité des variables de décision :

$$QP_i \geq 0 \quad i=1, \dots, n$$

Les formulations précédentes de (1) à (5) se rapportant aux objectifs et aux contraintes permettent d'affirmer que nous sommes en présence d'un programme linéaire multiobjectif sous contraintes.

Pour la résolution du programme linéaire multi-objectif ainsi défini la nous avons choisi la technique appelée "Goal Programming" ou "programmation des objectifs". Le but étant de déterminer le programme de production optimal du complexe.

Notre choix se justifie par les raisons suivantes :

- les objectifs tels qu'énoncés peuvent être exprimés sous forme de buts qu'il serait souhaitable d'atteindre. Ces limites seront appelées cibles et ne sont pas nécessairement toutes simultanément réalisables.

- La nécessité d'obtenir un programme de production pour chaque cas de simulation. La technique "goal programming" répond à cette exigence en donnant une solution pour chaque programme.

- les objectifs étant hiérarchisables, il est possible de prévoir des scénarios de gestion selon l'ordre de priorité associé à chacun d'eux.

La Goal Programming répond effectivement bien aux critères énoncés ayant conduit notre choix sur la méthode de résolution et ce par rapport aux autres méthodes multicritères existantes. Aussi, le lecteur intéressé par une comparaison des différentes méthodes de résolution des problèmes multiobjectifs peut consulter Willis and Perlale (1980), Hannan (1985) et Bouzaher and Mendoza (1987).

De même et étant donné la jeunesse de la méthode, l'expérience que nous proposons à travers cette utilisation pourra constituer une nouvelle application et enrichir les domaines d'utilisation d'une telle technique en tant qu'outil d'aide à la décision.

Nous donnons ci-après un aperçu sur la GOAL PROGRAMMING en citant à titre indicatif, deux variantes de formulation de la technique.

2.3 APERÇU SUR LA "GOAL PROGRAMMING" :

2.3.1 GENERALITES :

La "GOAL PROGRAMMING" (en abrégé GP) nommée aussi programmation des objectifs (PDO) peut être définie comme étant une forme générale de programmation linéaire qui permet de résoudre les problèmes de décision à objectifs multiples.

Les objectifs à atteindre sont généralement classés selon leur importance ou leur préférence par le décideur et la GP tente de satisfaire tous les objectifs possibles par la recherche d'une solution "acceptable" ou "satisfaisante" et non plus "optimale" au sens classique.

Ceci se réalise alors en minimisant les déviations ou écarts entre les cibles associés aux objectifs et le niveau que peuvent atteindre ces derniers compte tenu de l'ensemble des contraintes du problème.

Les déviations sont généralement notées d^+ pour celle qui représente un écart positif et d^- si l'écart est négatif. Ces déviations constituent des variables complémentaires du modèle.

Ce qui différencie la GP de la programmation linéaire (PL) classique est que pour celle-là, les préférences du décideur, exprimées soit sous forme d'une hiérarchie de priorités soit sous forme de coefficients de pondération, déterminent la résolution mathématique du modèle correspondant.

La fonction objectif de la GP représente implicitement une fonction d'utilité du décideur par rapport à la réalisation des différents objectifs. Donc mathématiquement, elle est une somme pondérée ou hiérarchisée des différentes déviations par rapport aux cibles fixés aux objectifs.

2.3.2 FORMULATIONS PRINCIPALES :

a) La "Weighted GP" (forme pondéré) :

Un programme en GP sous la forme "Weighted" (notée WGP) peut-être formulé de la manière compacte suivante (voir Bouzaher and Mendoza (1987)) :

$$\text{Min } W^+ d^+ + W^- d^- \quad (\text{Forme 1})$$

$$Gx + d^+ - d^- = g$$

$$Ax \leq b$$

$$x, d^+, d^- \geq 0$$

avec : x ($n \times 1$) = vecteur de variables de décision

G ($p \times n$) = matrice des coefficients des objectifs

g ($p \times 1$) = vecteur des valeurs cible de chaque objectif

d^+ , d^- = vecteurs de déviations positives et négatives par rapport aux différentes cibles assignées

A ($m \times n$) = matrice des coefficients technologiques

b ($m \times 1$) = vecteur des niveaux des ressources disponibles.

W^+ et W^- = vecteurs de pondérations correspondants aux vecteurs de déviations positives et négatives respectivement.

Dans les formulations faisant intervenir les vecteurs de pondération W^+ et W^- ($1 \times p$), le choix des poids est toujours délicat et souvent complexe. Il existe de nombreuses méthodes de détermination des poids mais qui demeurent encore très criticables. La procédure qui reste la plus utilisée dans ce contexte est celle qui consiste à associer le plus "fort" poids à l'objectif le plus important. Cette méthode demeure cependant subjective car, il est très difficile de fixer des valeurs au poids en liaison avec l'objectif tel qu'il est réellement perçu par le décideur.

Dans ce contexte, Gass (1986) fournit un exemple de détermination des priorités et des poids pour le cas des grands problèmes linéaires GP. De même, une évaluation du problème lié à l'utilisation des pondérations en GP est faite par Hannan (1985).

De nos jours, les aspects de pondération des objectifs constituent un terrain de recherche important. Beaucoup de chercheurs tentent en effet de développer des méthodes et des principes de fixation des poids aux objectifs en relation la fonction d'utilité du décideur.

c) La "léxicographique GP" (forme hiérarchisée):

La forme "léxicographique GP" notée LGP est une autre forme de GP dans laquelle la fonction objectif du programme est constituée par des fonctions de réalisation des objectifs ($h(d)$).

Un programme en LGP s'écrit de la manière suivante (voir Zanakis and Gupta (1985)) :

$$\text{Min } z = \left[\begin{array}{cccc} h(d)_1 & h(d)_2 & \dots & h(d)_k \end{array} \right] \text{ (forme 2)}$$

$$Gx + d^+ - d^- = g$$

$$Ax \leq b$$

$$x, d^+, d^- \geq 0$$

avec z : vecteur des k priorités de la fonction objectif :

$$h(d)_r = (w_{ir}^- d_{ir}^- + w_{ir}^+ d_{ir}^+)$$

séparées par des virgules.

w_{ir}^- , w_{ir}^+ : Pondérations (souvent 0 ou 1) d'atteinte de l'objectif i dans la priorité r . Elles peuvent inclure les facteurs de conversion si toutes les déviations au sein d'une même priorité ne sont pas mesurées dans la même unité.

d_{ir}^+ , d_{ir}^- : déviations positive et négative par rapport à la cible i au sein de la priorité r .

Dans cette formulation les objectifs étant hiérarchisés, la fonction économique du programme LGP est représentée par un vecteur de k fonctions de réalisation des priorités.

Il existe cependant des formulations particulières aux problèmes étudiés mais qui généralement s'inspirent toutes des deux formes décrites ci-dessus. Le cas traité par Diminnie and Kwak (1986) sur le problème d'allocation de ressource dans l'enseignement supérieur est un exemple de formulation mixte LGP et WGP.

2.3.3 METHODES DE RESOLUTION :

Pour la WGP, la solution est obtenue par la résolution d'un PL classique. L'optimum, dans ce cas, représente l'atteinte globale des objectifs. Si la solution est nulle, cela signifie une atteinte absolue de tous les objectifs.

Par contre, pour la LGP, la solution est obtenue par la résolution d'une série de PL correspondant au nombre de priorités fixées. La démarche est séquentielle et elle consiste à considérer une priorité à la fois. La résolution prend en compte lors du passage d'une priorité à l'autre les résultats obtenus à l'étape précédente afin de respecter, au niveau de la solution finale, l'effet des priorités selon leur importance.

Il existe aussi une méthode du tableau du simplexe adaptée à la GP pour la résolution manuelle des problèmes en WGP et LGP. Cette méthode est largement développée à travers des exemples d'application dans les ouvrages de Fichiera and Lee (1974) et WU and Coppins (1981).

Pour les besoins du modèle interactif du CVI, nous utiliserons le programme codé en fortran IV fournit dans l'ouvrage de Fichiera and Lee (1974). Le programme permet la résolution des problèmes GP sous les deux formes générales énoncées ci-dessus. Cependant, ce programme a été réaménagé et adapté pour faire corps avec le modèle de simulation.

Par ailleurs, de nombreux algorithmes ont été développés pour apporter des solutions aux différentes formes de GP. A ce titre, Ignizio (1985) présente un algorithme de résolution d'un ~~programme~~ GP par résolution de son dual.

Dans le même contexte, Lee and Luebbe (1987) fournissent un algorithme de partitionnement et d'agrégation de contraintes pour la résolution des problèmes en 0-1 en GP.

De même, Dauer and Krueger (1977) développent dans leur article une approche itérative de résolution des problèmes GP. Les auteurs fournissent la formulation générale pour une iteration quelconque j ($j < k$) dans un problème à k objectifs. L'approche itérative proposée a été ensuite utilisée pour la résolution des problèmes non linéaires incluant les programmes en nombres entiers.

2.3.4 APPLICATIONS DE LA GOAL PROGRAMMING :

La "Goal Programming" a été formulée initialement par Charnes and Cooper (1961) puis développée par Ijiri (1965), Lee (1972) et Ignizio (1976).

Son utilisation s'étend actuellement de manière progressive à presque tous les domaines de gestion et notamment pour les besoins du marketing. La littérature s'y rapportant couvre à l'heure actuelle un nombre important d'applications se rapportant à la vie économique et sociale. De même, avec les développements récents de la technique, il existe environ une douzaine de variantes de GP (voir Romero 1986).

Initialement, la GP fut introduite sous sa forme pondérée WGP ensuite sous la forme Léxicographique LGP. Les objectifs sont alors ordonnés selon leur importance ou préférence.

Ces deux premières approches furent utilisées avec satisfaction dans le domaine agricole et l'on peut citer à ce propos les travaux de Romero and Rehman (1984 a et b) en planification agricole ("Goal Programming and multiple criteria decision making in farm planning - An expository analysis"). L'article en question fournit une explication sur la structure d'un modèle en GP dérivé de la programmation linéaire classique. Le papier encourage l'utilisation de la GP pour la recherche de solutions aux problèmes multicritères et notamment en planification agricole.

Dans le même ordre d'idée, il faut citer les travaux de Bazarra and Bouzaher (1981) sur un modèle linéaire en GP avec une application au secteur de l'agriculture en EGYPTTE.

La GP a fait aussi l'objet de multiples comparaisons avec les autres techniques basées sur l'analyse multiobjective. Les travaux de Willis and Perlale (1980) donnent une idée de la place de la GP parmi les autres approches d'optimisation multiobjectifs.

Plus récemment, Bouzaher and Mendoza (1987) présentent une vue générale des différentes formes de la GP incluant leurs hypothèses de base, leurs limitations et les implications dans le processus de décision. Ils proposent à ce titre une nouvelle interprétation de la dualité et également un aperçu sur les méthodes multicritères de décision "Multiple criteria decision méthodes (MCDM)" et dont la GP en est un cas particulier.

La flexibilité et l'applicabilité des méthodes de GP ont été démontrées par certaines publications et ouvrages parus depuis 1970 (Hallefjord and Jornsten 1988; Markowski and Ignizio 1983 b, Saatcioglu 1987).

L'utilisation de la technique GP continue de gagner d'autres terrains d'expérimentation et beaucoup de praticiens et gestionnaires commencent à s'y familiariser avec intérêt .

Il ne faut pas oublier de citer l'excellent ouvrage de Fochiera and Lee (1974) traitant les modèles de décision adaptés aux entreprises Françaises. L'ouvrage en question donne de nombreux exemples résolus par la méthode graphique et celle du tableau du simplexe.

Les auteurs donnent une bonne occasion aux gestionnaires des entreprises de rallier les deux principaux aspects fondamentaux de la gestion moderne, à savoir d'une part, la programmation linéaire en tant qu'outil mathématique et quantitatif de préparation des décisions et d'autre part, la gestion par objectifs en tant qu'outil philosophique et qualitatif associé à ces mêmes décisions.

3. FORMULATION MATHEMATIQUE DU MODELE DE SIMULATION :

Nous donnons maintenant la définition des principaux agrégats qui seront utilisés dans le modèle de simulation.

3.1 BUDGET DEVISE DE PRODUCTION :

La formulation du budget devise de production est établie selon les répartitions suivantes :

- globalement (programme de production),
- par type de véhicule,
- par type de pièce,
- par fournisseur ,
- par monnaie,
- par pays (relatif au fournisseur).

3.1.1 FORMULATION GLOBALE :

Soit QP $(1 \times n)$ le vecteur du programme de production.

Soit C $(1 \times n)$ un vecteur des Coûts devise unitaires des véhicules.

L'expression du budget devise de production est :

$$B = QP'C \quad (6)$$

Les coûts devise unitaires de production se calculent en fonction :

- du nombre de pièces par type de véhicule et de leurs quantités respectives.
- du prix des pièces selon le fournisseur retenu et la monnaie correspondante.
- des taux de change de la monnaie.

3.1.2 FORMULATION PAR TYPE DE VEHICULE :

Le figure III.1 donne la représentation arborescente des éléments de coûts d'un véhicule :

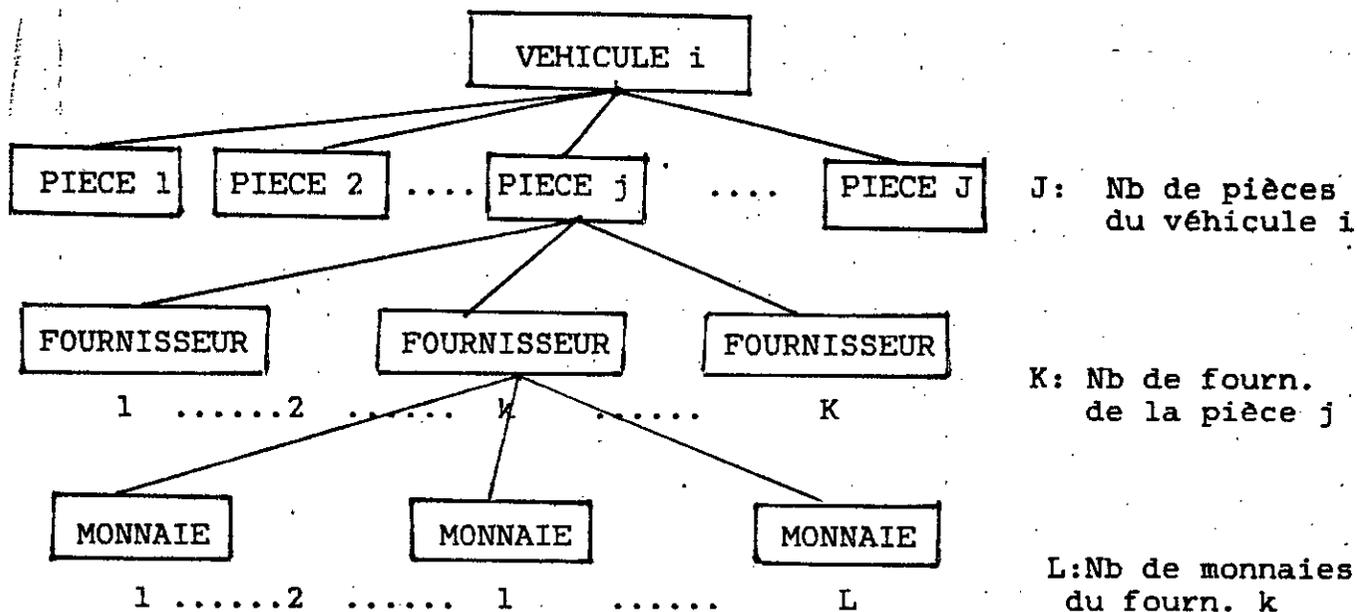


Figure III.1 : Eléments de coûts d'un véhicule.

Pour exprimer le budget devise par type de véhicule, il y a lieu de définir les données se rapportant aux paramètres suivantes :

soient :

- QTE_{ij} : Quantité de la pièce j rentrant dans la fabrication du véhicule i ,
- P_{jkl} : Prix de la pièce j avec le fournisseur k et selon la monnaie l
- C_{jkl} : Indicateur booléenne fixé de la manière suivante :
 - =1 si le fournisseur retenu pour la pièce j est k et la monnaie d'échange est l
 - =0 sinon.
- T_l : Taux de change de la monnaie l
- PN_j : Quantité fabriquée localement de la pièce j
- QI_j : Quantité importée de la pièce j
- QT_j : Quantité totale nécessaire pour le programme de production de la pièce j

Il faut cependant noter que les paramètres du budget devise ainsi définis ci-dessus représentent des données que l'utilisateur devra introduire dans le système et qui constituent de ce fait les différents fichiers auxquels se réfèrent les modules de calcul et de traitement du modèle interactif. Ces fichiers seront plus amplement détaillés dans le chapitre IV et le dessin de leur enregistrement est fourni dans l'annexe IV au présent mémoire.

Le budget devise unitaire par type de véhicule est exprimé sous deux formes selon que les pièces sont importées en totalité ou partiellement.

a) CAS DES PIÈCES IMPORTEES EN TOTALITE :

Dans le présent cas, les pièces importées ont une production nationale nulle ($PN_j = 0, j=1, J$).

Le budget unitaire devise par type de véhicule est donné par :

$$B_i = \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^L QTE_{ij} * P_{jkl} * C_{jkl} * T_l \quad (7)$$

Le budget global (6) peut s'écrire :

$$B = \sum_{i=1}^n B_i * QP_i$$

B_i représente ainsi dans cette dernière formulation le coût unitaire devise de production du véhicule i . Le vecteur C dans (6) sera composé par les B_i .

b) CAS DES PIECES IMPORTEES PARTIELLEMENT :

i) COUT DEVISE UNITAIRE PAR VEHICULE :

On appelle pièces partiellement importées celles qui sont fabriquées localement (au CVI ou sous-traitées au niveau national) mais en quantités insuffisantes pour faire face au programme de production. Le complément est ainsi importé.

Dans ce cas précis, les composants du vecteur des coûts unitaires C représentent une moyenne, puisque pour un véhicule donné i , on ne peut savoir précisément s'il a consommé une pièce importée ou une pièce produite localement. Pour cela, la part devise due à l'importation sera répartie proportionnellement entre tous les véhicules en fonction des quantités de la pièce j qu'ils consomment.

soit :

$$QT_j = \sum_{i=1}^n QP_i * QTE_{ij} \quad (7 \text{ bis})$$

soit BPj le budget nécessaire à l'importation de la pièce j pour tout le programme de production:

$$BPj = (QTj - PNj) * \sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^L Pjkl * Cjkl * Tl \quad (8)$$

Soit PMj le coût moyen devise pour la pièce j calculé par rapport à l'ensemble des besoins en pièce j dans le programme de production.

alors :

$$PMj = \frac{BPj}{QTj} \quad (9)$$

En remplaçant dans (9) les expressions (7) et (8) PMj devient :

$$PMj = \frac{((\sum_{i=1}^n QPi * QTEij) - PNj) * \sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^L Pjkl * Cjkl * Tl}{\sum_{i=1}^n QPi * QTEij} \quad (9)$$

PMj pour j=1,J constituent les éléments du vecteur C dans (6).

Il faut remarquer que lorsque, pour une pièce donnée j, PNj = 0, on retrouve le cas des pièces totalement importées vu précédemment en (7).

Le budget unitaire du véhicule i devient :

$$Bi = \sum_{j=1}^J QTEij * PMj \quad (10)$$

ii) MODELE D'APPROVISIONNEMENT DES PIECES PARTIELLEMENT IMPORTEES :

Le contrôle de la quantité importée relative à une pièce j s'établit eu égard aux besoins exacts du programme de production et à la quantité produite localement de cette même pièce.

Autrement dit, pour éviter de favoriser un véhicule par rapport à un autre en terme de part devise, le contrôle de la quantité à importer se fait par rapport à la quantité totale nécessaire de la pièce j (pour tous les véhicules)

Le modèle d'importation sera le suivant :

si $QT_j \geq PN_j$ ON IMPORTE LA PIECE j EN
QUANTITE $Q_{ij} = QT_j - PN_j$

si $QT_j < PN_j$ ON IMPORTE PAS DE PIECE j
 $Q_{ij} = 0$.

REMARQUE :

Dans la suite du développement du modèle de simulation nous considérerons uniquement le cas ou les pièces sont totalement importées.

3.1.3 FORMULATION PAR TYPE DE PIECES :

a) EXPRESSION DU BUDGET DE PRODUCTION :

soit BP_{ij} le budget devise unitaire de la pièce j entrant dans le véhicule i

$$BP_{ij} = \sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^L QTE_{ij} * P_{jkl} * C_{jkl} * T_l \quad (11)$$

Le budget global de production s'écrit donc :

$$B = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^J BP_{ij} * QP_i \quad (12)$$

b) PRIX DES PIECES IMPORTEES :

Les prix des pièces importées sont initialement exprimés dans la monnaie d'échange devise conformément au contrat d'approvisionnement liant le CVI au fournisseur retenu.

Le budget devise de production se rapportant au programme de production sera converti en Dinars en ayant recours aux différents taux de change bancaires des devises.

Mais en fait, le coût réel en devise du programme d'importation ne pourra être connu exactement que lors du paiement des factures émanants des fournisseurs. C'est justement à ce moment là que la conversion Devise/Dinar est établie par la banque chargée de traiter la transaction.

Cependant pour les besoins de notre modèle de simulation, nous déterminons les volumes monétaires en Dinars par application des taux en vigueur au moment de l'exploitation du modèle.

Cette conversion devise/Dinar est nécessaire pour évaluer les différents impacts qui seront déterminés à l'aide des formulations énoncées. Au niveau du complexe CVI, l'enveloppe budgétaire globale est elle même exprimée en Dinars.

Il est possible d'envisager l'utilisation des prévisions bancaires sur les variations des taux de change des devises par rapport au Dinar. Nous aurons besoin, pour cela, de connaître les délais de livraisons des pièces (tels que stipulés dans les contrats d'approvisionnement) ainsi que les échéanciers de paiement des factures prévus.

Le budget devise total de production pourra être alors estimé par :

$$B = \sum_{r=1}^R Ech_r \quad (13)$$

r : indice des périodes de paiement des factures
($r = 1$ à R)

R : nombre total d'échéances de paiement des factures (pour un programme de production)

Ech_r : Valeur de l'échéance r (exprimée en devises puis convertie en dinars selon les taux de la période r .)

La figure III.2 illustre la problématique de l'estimation du budget devise par les échéances de paiement des factures d'approvisionnement :

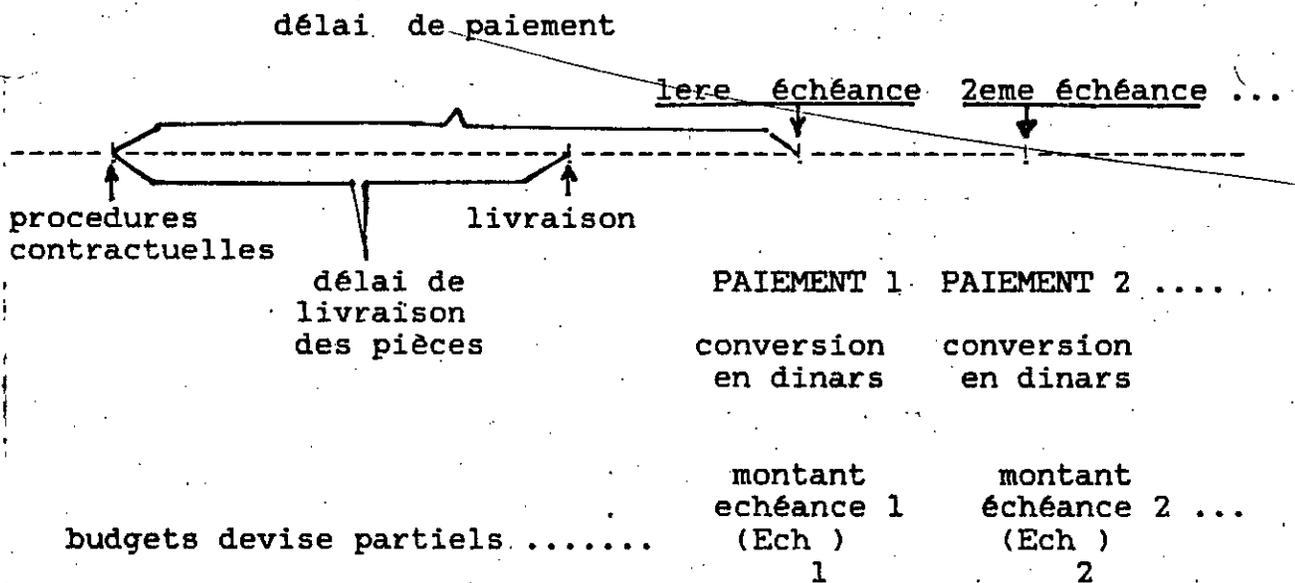


Figure III.2 : Schéma du processus de paiement des factures.

Les données sur les prévisions bancaires étant indisponnibles, nous appliquerons alors pour les besoins de notre modèle les taux de change en vigueur au moment de son exploitation.

3.1.4 FORMULATION PAR FOURNISSEUR ET PAR TYPE DE VEHICULE :

Soit BF_{ik} le budget devise unitaire du véhicule i selon le fournisseur k

$$BF_{ik} = \sum_{j=1}^J \sum_{l=1}^L QTE_{ij} * P_{jkl} * C_{jkl} * T_l \quad (14)$$

Le budget global s'écrit :

$$B = \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^K BF_{ik} * QP_i \quad (15)$$

3.1.5 FORMULATION PAR MONNAIE ET PAR TYP DE VEHICULE :

Soit BM_{il} le budget devise unitaire du véhicule i selon la monnaie l :

$$BM_{il} = \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K QTE_{ij} * P_{jkl} * C_{jkl} * T_l \quad (16)$$

le budget global :

$$B = \sum_{i=1}^n \sum_{l=1}^L BM_{il} * QP_i \quad (17)$$

REMARQUE :

Le budget réparti par pays peut facilement être déterminé à partir de celui exprimé par fournisseur. En effet, les pays d'origine à partir desquels s'effectueront les approvisionnements correspondent en réalité à la nationalité des fournisseurs retenus.

Nous ne présentons pas de formulation spécifique à cet aspect particulier, mais dans le modèle interactif développé la répartition du budget par pays est prévu au même titre que les autres formes de budget énoncées ci-dessus.

3.2 FORMULATION DE L'ACTIVITE GLOBALE :

L'activité de fabrication correspondant à un programme de production est le volume UAS(#) total nécessaire pour la réalisation du programme. Cette activité peut être exprimée par type de véhicule et selon les fonctions du processus technologique.

Pour les besoins de notre modèle, l'activité globale et l'activité par véhicule sont celles de la fonction mécanique étant donné son aspect critique tel que présenté dans le Chapitre II .

(#) UAS : Unités allouées standard : Le volume en activité nécessaire à la fabrication d'un véhicule est déterminé à partir d'un barème standard exprimé en minutes. Ce dernier est obtenu à partir des temps standards des pièces et organes composant la nomenclature.

3.1.5 FORMULATION PAR MONNAIE ET PAR TYP DE VEHICULE :

Soit BM_{il} le budget devise unitaire du véhicule i selon la monnaie l :

$$BM_{il} = \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K QTE_{ij} * P_{jkl} * C_{jkl} * T_l \quad (16)$$

le budget global :

$$B = \sum_{i=1}^n \sum_{l=1}^L BM_{il} * QP_i \quad (17)$$

REMARQUE :

Le budget réparti par pays peut facilement être déterminé à partir de celui exprimé par fournisseur. En effet, les pays d'origine à partir desquels s'effectueront les approvisionnements correspondent en réalité à la nationalité des fournisseurs retenus.

Nous ne présentons pas de formulation spécifique à cet aspect particulier, mais dans le modèle interactif développé la répartition du budget par pays est prévu au même titre que les autres formes de budget énoncées ci-dessus.

3.2 FORMULATION DE L'ACTIVITE GLOBALE :

L'activité de fabrication correspondant à un programme de production est le volume UAS(#) total nécessaire pour la réalisation du programme. Cette activité peut être exprimée par type de véhicule et selon les fonctions du processus technologique.

Pour les besoins de notre modèle, l'activité globale et l'activité par véhicule sont celles de la fonction mécanique étant donné son aspect critique tel que présenté dans le Chapitre II .

(#) UAS : Unités allouées standard : Le volume en activité nécessaire à la fabrication d'un véhicule est déterminé à partir d'un barème standard exprimé en minutes. Ce dernier est obtenu à partir des temps standards des pièces et organes composant la nomenclature.

L'activité UAS du complexe sera représentée en fait par la Macro-charge de l'atelier mécanique et sa formulation sera la suivante :

$$AG = \sum_{i=1}^n A_i * Q_{Pi} \quad \text{exprimée en UAS}$$

avec : AG : Activité UAS mécanique totale

A_i : activité UAS mécanique d'une unité du véhicule i.

REMARQUE :

L'activité UAS énoncée dans la formulation ci-dessus est exprimée en minutes. Les volumes UAS par type de véhicules et par fonction sont fournis en annexe III.

3.3 FORMULATION DES IMPACTS :

3.3.1 FORMULATION DE L'IMPACT BUDGETAIRE:

L'impact d'une variation quelconque d'un des paramètres du budget devise induit sur celui-ci une variation qui peut être positive ou négative.

Nous adoptons pour l'impact budgétaire la définition suivante :

L'impact budgétaire est l'écart entre le budget initial (de départ) et le budget induit par les variations des paramètres rentrant dans son calcul soit :

- des prix des pièces,
- des quantités par type de véhicule (programme de production),
- du taux de change des monnaies,
- du choix du fournisseur retenu pour chaque pièce.

L'impact qui en résulte constitue l'un des objectifs de l'optimisation.

La formulation de l'impact budgétaire devise cumulé se présente comme suit :

$$IBUD = \sum_{i=1}^n e_i * Q_{Pi} \quad (18)$$

3.3.2 FORMULATION DE L'IMPACT D'ACTIVITE :

Lorsqu'on modifie les quantités à fabriquer par type de véhicule, il apparaît inévitablement un impact sur le volume d'activité UAS .

Cet impact représente l'écart entre le volume UAS initial relatif au programme de production avant perturbation et le nouveau programme introduit dans le cadre de la simulation.

La formulation de cet impact est la suivante:

$$I\text{ACT} = \sum_{i=1}^n I\text{Ai} * A_i \quad (19)$$

avec $I\text{Ai}$: écart entre quantités à fabriquer initiale et finale (modifiée) du véhicule i .

3.4 ALTERNATIVES DE SIMULATION :

Etant donné qu'il s'agit de la simulation déterministe, c'est l'utilisateur qui prend en charge les données d'entrée au modèle. Ces données concernent les véhicules, les pièces et les paramètres d'optimisation:

Les différentes alternatives de simulation prévues dans ces cas correspondent aux facteurs fluctuants suivants :

- Variation des prix d'une ou plusieurs pièces,
- Choix du fournisseur et de la monnaie,
- Quantité à produire pour un ou plusieurs types de véhicule ,
- Fixation de certaines quantités de production pour un ou plusieurs types de véhicule,
- Modification des paramètres d'optimisation tels que :
 - les priorités,
 - les valeurs cibles des objectifs,
 - les pondérations des objectifs.

avec

d_1^- et d_1^+ : déviations indiquant respectivement la sous-atteinte et le dépassement de la valeur cible visée par rapport à la valeur du budget devise obtenu.

4.1.2 MINIMISATION DU BUDGET DEVISE :

Soit B_c le budget cible représentant la limite à ne pas dépasser et qui peut en quelque sorte correspondre à l'enveloppe (AGI) devise allouée annuellement au CVI.

L'objectif s'écrit :

$$\text{MIN} \left(\sum_{i=1}^n B_i * Q_{Pi} \right)$$

Utilisant la cible B_c visée, cet objectif devient une contrainte dans le programme GP de la manière suivante :

$$\sum_{i=1}^n B_i * Q_{Pi} + d_2^- - d_2^+ = B_c \quad (21)$$

avec

d_2^- et d_2^+ : déviations indiquant respectivement la sous-atteinte et le dépassement éventuels du budget devise obtenu par rapport à la cible visée.

4.1.3 MAXIMISATION DE L'ACTIVITE MECANIQUE :

La maximisation de l'activité de la mécanique qui, rappelons le, représente une approximation de l'activité globale du complexe CVI, répond à un souci de rentabilité des équipements installés. Dans notre cas, il s'agira de veiller à ce que le programme de production utilise au mieux les capacités mécaniques installées.

Soit Ac l'activité globale cible représentant la capacité réelle installée en mécanique.

L'objectif s'écrit :

$$\text{MAX} \left(\sum_{i=1}^n A_i * Q_{Pi} \right)$$

Utilisant la cible Ac visée, cet objectif devient une contrainte dans le programme GP de la manière suivante :

$$\sum_{i=1}^n A_i * Q_{Pi} + d_3^- - d_3^+ = Ac \quad (22)$$

avec

A_i : Activité UAS du véhicule i

d_3^- et d_3^+ : Déviations indiquant respectivement une sous-charge et une surcharge éventuelles d'activité par rapport à la cible visée

4.2 CONTRAINTES STRUCTURELLES :

Les contraintes structurelles du modèle d'optimisation sont les limites inférieures et supérieures de fabrication pour chacun des types de véhicules (cf section 2 de ce chapitre) apellées aussi "contraintes de capacité spécifiques" et "limite globale" de production du complexe.

4.2.1 CAPACITES SPECIFIQUES :

Elles s'écrivent :

$$L_i \leq Q_{Pi} \leq U_i \quad i = 1 \dots n$$

L_i : limite inférieure de production du véhicule i

U_i : " supérieure " " " " " "

Ces capacités sont donc des cibles à atteindre et les contraintes correspondantes sont formulées en GP de la manière suivante :

$$Q_i + d_{i+3}^- - d_{i+3}^+ = L_i \quad i = 1, n \quad (23)$$

et

$$Q_i + d_{n+i+3}^- - d_{n+i+3}^+ = U_i \quad i = 1, n \quad (24)$$

avec

$$d_{i+3}^-, d_{i+3}^+, d_{n+i+3}^- \text{ et } d_{n+i+3}^+ :$$

représentent les déviations indiquant respectivement pour le véhicule i un volume de production en deçà et en delà de la limite inférieure cible visée.

REMARQUE :

 Pour les véhicules dont la quantité est fixée de manière exogène, les contraintes s'écrivent :

$$U_i = L_i \quad \text{pour } i \in I_1 \quad (25)$$

avec

I_1 : ensemble d'indices des véhicules à quantités fixes.

4.2.2 CAPACITE GLOBALE :

 La limite de capacité globale du complexe est exprimée en nombre total de véhicules à produire.

La contrainte s'écrit :

$$\sum_{i=1}^n QP_i \leq Nb_v$$

De la même manière, Nb_v devient une cible visée par l'entreprise et la contrainte correspondante formulée en GP comme suit :

$$\sum_{i=1}^n QP_i + d_{2n+4}^- - d_{2n+4}^+ = Nb_v \quad (26)$$

avec :

d_{2n+4}^- et d_{2n+4}^+ : déviations indiquant respectivement une sous atteinte et un dépassement de la capacité globale de production par rapport à la cible visée.

REMARQUE : les contraintes de non négativité des variables de décision deviennent :

$$QP_i, d_i^+, d_i^- \geq 0 \quad \forall i$$

4.3 ALTERNATIVES D'OPTIMISATION :

L'objet de cette section est de fournir la forme générale des programmes GP utilisés dans le modèle interactif en se basant sur les développements précédents.

A cette occasion nous présentons les différentes options d'optimisation correspondant à la variante lexicographique de la GP (LGP). Celle-ci fait intervenir les priorités associées à chaque objectif tout en affectant, au sein d'une même priorité des pondérations aux déviations.

Il est à noter qu'une formulation du type "Weighted" GP (WGP) (voir 2.3.2 ci-dessus) est possible à travers l'utilisation d'une seule priorité dans laquelle tous les objectifs seraient simplement pondérés. Cette possibilité se retrouvera donc au niveau du modèle interactif développé dans ce mémoire.

4.3.1 FORMULATION 1 :

La formulation 1 concerne le cas de l'optimisation du programme de production lorsque la perturbation du budget devise et de l'activité UAS mécanique provient d'une modification par fixation de certaines quantités à produire par type de véhicule.

Dans ce cas il n'existe pas d'impact budgétaire. Les coûts devises par type de véhicule demeurent constants. L'optimisation porte sur les véhicules non fixés par l'utilisateur.

Cette formulation comprend quatre niveaux de priorités. Selon l'ordre des priorités affectées aux objectifs, on obtient un programme en GP à résoudre. Nous avons choisi dans ce contexte trois options par défaut utilisables sur demande.

Les équations de 21 à 26 forment le programme général en GP avec quatre niveaux de priorités :

$$\text{MIN} \left[\begin{array}{cccc} h_1(d) & h_2(d) & h_3(d) & h_4(d) \end{array} \right]$$

St

$$\sum_{i=1}^n B_i * QP_i + d_{i-1}^- - d_{i-1}^+ = Bc$$

$$\sum_{i=1}^n A_i * QP_i + d_{i-2}^- - d_{i-2}^+ = Ac$$

$$QP_i + d_{i+2}^- - d_{i+2}^+ = L_i \quad i=1, \dots, n$$

$$QP_i + d_{i+n+2}^- - d_{i+n+2}^+ = U_i \quad i=1, \dots, n$$

$$U_i = L_i \quad \text{pour } i \in I1$$

$$\sum_{i=1}^n QP_i + d_{2n+3}^- - d_{2n+3}^+ = nb_v$$

$$QP_i, d_i^-, d_i^+ \geq 0 \quad \forall i$$

Il faut noter que le budget et l'activité cible sont diminués des valeurs correspondant aux véhicules fixés.

A cet égard, nous avons choisi pour le modèle interactif trois alternatives d'optimisation par défaut et qui seront présentées dans un menu de choix à la demande de l'utilisateur.

Ces options ont été obtenues en faisant varier les priorités associées aux objectifs de telle manière à répondre à certaines préoccupations de gestion émises par les responsables du CVI.

Ces options ont été testées sur l'exemple du banc d'essai et les résultats obtenus sont présentés dans le chapitre V.

Les options retenues par défaut pour cette formulation sont les suivantes :

OPTION 1 :

Cette option permet la détermination du programme de production optimal qui respecte les niveaux des ressources devise et d'activité UAS mais dont le nombre total de véhicules à fabriquer est subi.

Autrement dit, si les ressources devise et d'activité sont insuffisantes, le nombre total de véhicules à fabriquer sera en deçà de sa valeur cible. Par contre, si les disponibilités en ressources sont larges, le programme pourra dépasser la capacité globale du complexe donnant ainsi l'occasion aux gestionnaires de prévoir la réalisation de ce dépassement.

L'ordre des priorités dans cette option se présente comme suit :

Fonction objectif :

Priorité 1 : capacité de production limite de chaque type de véhicule.

$$h(d) = \sum_{k=3}^{n+2} (w * d)_k + \sum_{k=n+3}^{2n+2} (w * d)_k$$

Priorité 2 : activité UAS par type de véhicule à rentabiliser.

$$h_2(d) = w_2^+ * d_2^+ + w_2^- * d_2^-$$

Priorité 3 : budget devise limité

$$h_3(d) = w_3^+ * d_3^+ + w_3^- * d_3^-$$

Priorité 4 : capacité globale limitée du complexe (exprimée en nombre total de véhicules).

$$h_4(d) = w_4^+ * d_4^+ + w_4^- * d_4^-$$

OPTION 2 :

Il faut remarquer que cette option diffère de la précédente par l'ordre assigné au budget devise et à l'activité UAS. Ici, on privilégie l'atteinte de l'objectif "budget devise". Ceci est souhaitable dans le cadre de la recherche du programme de production qui respecte avant tout l'enveloppe budgétaire allouée au complexe.

Le programme de production résultant, fournit un nombre de véhicules à produire en tant que conséquence directe des disponibilités en devise du complexe.

L'option est utilisable lorsqu'on souhaite connaître quelle serait l'activité correspondante à un budget devise cible (donné) tout en respectant impérativement les capacités spécifiques par type de véhicule.

L'ordre des priorités de l'option 2 se présente comme suit :

Fonction objectif :

Priorité 1 : capacité de production limitée de chaque véhicule.

$$h_1(d) = \sum_{k=1}^{n+2} (w_k^+ * d_k^+) + \sum_{k=n+3}^{2n+2} (w_k^- * d_k^-)$$

Priorité 2 : budget devise limité

$$h_2(d) = w_1^+ * d_1 + w_1^- * d_1$$

Priorité 3 : activité UAS par type de vehicule à rentabiliser.

$$h_3(d) = w_2^+ * d_2 + w_2^- * d_2$$

Priorité 4 : capacité globale limitée du complexe (exprimée en nombre total de véhicules).

$$h_4(d) = w_{2n+3}^+ * d_{2n+3} + w_{2n+3}^- * d_{2n+3}$$

OPTION 3 :

Cette option permet la détermination d'un programme de production qui respecte en premier lieu l'enveloppe budgétaire disponible et qui prévoit un nombre de véhicules et une activité UAS conséquente.

L'option 3 fournit une valeur d'activité maximale engendrée par une limitation de la ressource devise.

Elle est utilisable par exemple pour l'établissement des prévisions en matière d'activité ou lors des discussions sur les programmes d'importation.

L'ordre des priorités associées aux objectifs est le suivant :

Fonction objectif :

Priorité 1 : capacité de production limitée de chaque type de véhicule.

$$h_1(d) = \sum_{k=3}^{n+2} (w_k^- * d_k) + \sum_{k=n+3}^{2(n+1)} (w_k^+ * d_k)$$

Priorité 2 : budget devise limité

$$h_1(d) = w_1^+ * d_1^+ + w_1^- * d_1^-$$

Priorité 3 : capacité globale limitée du complexe
(exprimée en nombre total de véhicules).

$$h_2(d) = w_{2n+3}^- * d_{2n+3}^-$$

Priorité 4 : activité UAS par type de véhicule
à rentabiliser.

$$h_4(d) = w_{22}^- * d_{22}^- + w_{22}^+ * d_{22}^+$$

REMARQUE :

Les options d'optimisation que nous présentons ne sont qu'un choix répondant aux préoccupations principales des responsables du CVI. Le modèle interactif donne la possibilité d'accès à tous les paramètres des formulations énoncées. L'utilisateur peut modifier le nombre et l'ordre des priorités ainsi que les valeurs cibles relatifs aux objectifs.

Il est aussi possible de fixer, au sein d'une même priorité des coefficients de pondération pour prendre en compte l'importance relative de chaque objectif au sein de la fonction économique.

4.3.2 FORMULATION 2 :

Les équation 20 à 24 et 26 forment le programme GP de la formulation 2.

La formulation 2 concerne le cas où la simulation porte sur le budget devise en modifiant les paramètres se rapportant aux pièces. La formulation possède cinq (5) niveaux de priorités et sa forme générale est la suivante :

$$\text{MIN } \left[h_1(d), h_2(d), h_3(d), h_4(d), h_5(d) \right]$$

$$\sum_{i=1}^n e_i * QP_i + d_{i1} - d_{i1}^+ = Ec$$

$$\sum_{i=1}^n B_i * QP_i + d_{i2} - d_{i2}^+ = Bc$$

$$\sum_{i=1}^n A_i * QP_i + d_{i3} - d_{i3}^+ = Ac$$

$$QP_i + d_{i+3} - d_{i+3}^+ = L_i \quad i=1, \dots, n$$

$$QP_i + d_{i+n+3} - d_{i+n+3}^+ = U_i \quad i=1, \dots, n$$

$$\sum_{i=1}^n QP_i + d_{2n+4} - d_{2n+4}^+ = nb_v$$

$$QP_i, d_{i1}, d_{i1}^+ \geq 0 \quad \forall i$$

L'impact budgétaire dont il s'agit peut provenir de plusieurs simulations portant chacune sur divers paramètres tels que, par exemple, les prix des pièces ou le choix des fournisseurs. L'impact résultant est cumulé pour toutes les simulations effectuées.

Nous décrivons ci-après les options retenues par défaut en indiquant pour chacune d'elle la forme de la fonction économique à minimiser.

OPTION 1 :

Cette option privilégie l'atteinte d'un niveau de budget devise et d'activité UAS par rapport à la minimisation de l'impact budgétaire d'une part et à la capacité globale du complexe (exprimée en nombre total de véhicules à fabriquer) d'autre part.

Elle est utilisable lorsqu'on est en présence d'un impact budgétaire positif et que l'on désire déterminer un programme de production qui résorbe cette augmentation de budget tout en maintenant l'enveloppe budgétaire et l'activité inchangées. La capacité globale de production sera dans ce cas subie.

L'ordre des priorités de cette option se présente comme suit :

Fonction objectif:

Priorité 1 : Limites de capacité par type de véhicules.

$$h_1(d) = \sum_{k=4}^{n+3} (w_k * d_k) + \sum_{k=n+1}^{2n+1} (w_k * d_k)$$

Priorité 2 : Activité UAS par type de véhicule à rentabiliser.

$$h_2(d) = w_3 * d_3 + w_3 * d_3$$

Priorité 3 : Budget devise ciblé .

$$h_3(d) = w_2 * d_2 + w_2 * d_2$$

Priorité 4 : Impact budgétaire issu de la simulation à minimiser.

$$h_4(d) = w_1 * d_1$$

Priorité 5 : Limites sur la capacité globale du complexe exprimées en nombre de véhicules.

$$h_5(d) = w_{2n+4} * d_{2n+4}$$

OPTION 2 :

Cette option se base sur le principe de limiter le budget devise à un niveau cible maximal et l'activité UAS mécanique à un niveau maximal puis de minimiser l'impact résultant de la simulation. Dans ce cas, les capacités de production spécifiques par type de véhicule et la capacité globale sont subies.

Cette option est utilisable lorsqu'on désire connaître les dépassements éventuels (en plus ou en moins) en terme de capacités spécifiques et/ou globale correspondant au niveau des ressources devises et d'activité UAS mécanique fixées en tant que cibles.

L'option fournit ainsi un programme de production indiquant les véhicules affectés par la limitation des ressources imposées.

L'ordre des priorités associées aux différents objectifs se présente comme suit :

Fonction objectif:

Priorité 1 : Budget devise limité .

$$h_1(d) = w_2 * d_2$$

Priorité 2 : Activité UAS par type de véhicule à rentabiliser.

$$h_2(d) = w_3 * d_3$$

Priorité 3 : Impact budgétaire à minimiser.

$$h_3(d) = w_1 * d_1$$

Priorité 4 : Limite sur la capacité globale du complexe exprimée en nombre total de véhicules.

$$h_4(d) = w_{2n+4} * d_{2n+4}$$

Priorité 5 : Limites de capacité par type de véhicule.

$$h_5(d) = \sum_{k=4}^{n+3} (w_k * d_k) + \sum_{k=n+4}^{2n+3} (w_k * d_k)$$

OPTION 3 :

Le principe de cette option se base sur la détermination du budget devise correspondant à un programme de production qui respecte les limites de capacité spécifiques et globales. L'option prévoit une activité "libre" autrement dit subie par les conditions budgétaires et de capacités.

Elle est utilisable, lorsqu'on souhaite connaître le coût en terme d'activité UAS résultant d'une limitation du budget devise et éventuellement par rapport à l'impact budgétaire induit par la simulation entreprise.

L'ordre des priorités associées aux objectifs se présente comme suit :

Fonction objectif :

Priorité 1 : Limites de capacité par type de véhicule.

$$h_1(d) = \sum_{k=4}^{n+3} (w_k * d_k) + \sum_{k=n+4}^{2n+3} (w_k * d_k)$$

Priorité 2 : Limite sur la capacité globale du complexe exprimée en nombre total de véhicules.

$$h_2(d) = w_{2n+4} * d_{2n+4}$$

Priorité 3 : Budget devise limité .

$$h_3(d) = w_{2/2} * d_{2/2} + w_{2/2} * d_{2/2}$$

Priorité 4 : Minimisation de l'impact budgétaire issu de la simulation.

$$h_4(d) = w_{1/1} * d_{1/1}$$

Priorité 5 : Activité UAS par type de véhicule
à rentabiliser.

$$h(d) = \frac{w}{3} * d + \frac{w}{3} * d$$

4.3.3 SIMULATION SUR LES PARAMETRES D'OPTIMISATION :

Le modèle interactif génère autant de programmes linéaires GP à résoudre que de cas de simulations demandés par l'utilisateur. En effet le modèle propose à chaque itération de simulation s'il y a lieu d'optimiser le programme de production.

De ce fait, le module de simulation transmet les données au module d'optimisation selon l'option choisie. Il faut remarquer que le modèle peut générer une infinité de programmes linéaires en GP tous différents, provenant des différences dans les valeurs des paramètres générés par la simulation.

Pour permettre à l'utilisateur d'agir sur la formulation des programmes en GP, il est prévu des alternatives de modification des paramètres d'optimisation qui portent sur :

- Modification du nombre et de l'ordre des priorités pour chaque objectif,
- Modification au sein d'une même priorité des coefficients de pondération intervenant dans les fonctions de réalisation des objectifs (h(d)),
- Modification des valeurs cibles associées à chaque objectif.

C H A P I T R E I V

DESCRIPTION DU MODELE
INTERACTIF

L'objet du présent chapitre, est de décrire le modèle interactif (système informatique) conçu sur la base des modèles de simulation et d'optimisation présentés dans le chapitre III.

Le chapitre contient une présentation du schéma fonctionnel global du système informatique ainsi qu'une description des différentes unités fonctionnelles qui le composent.

La description des routines de traitement et la structure des fichiers de données est présentée dans l'annexe IV du mémoire.

Le chapitre fournit aussi une vue d'ensemble sur l'échelonnement des menus de commande permettant l'exploitation du modèle interactif.

1. DESCRIPTION DU MODELE INFORMATIQUE :

1.1 PRINCIPE :

Le principe retenu pour la conception du modèle repose principalement sur les alternatives de simulation présentées et les options d'optimisation prévus par défaut (cf Chap III).

Le modèle interactif est réalisé en mode conversationnel autrement dit permettant la saisie des paramètres et l'obtention des résultats conséquents de manière conviviale.

Son fonctionnement se base sur le principe de menus de commandes qui sont de trois types :

- Choix d'options ou alternatives,
- Saisie des paramètres de simulation ou d'optimisation,
- Ecrans de Résultats.

Un exemplaire des différents menus et écrans de résultats est présenté en annexe V au présent mémoire.

1.1.1 MENU DE CHOIX :

Les menus de choix sont hiérarchisés selon l'échelonnement des alternatives de simulation et des différentes options d'optimisation prévues.

Chaque menu de commande est accompagné d'une page d'aide à même de renseigner l'utilisateur sur le cas en présence .

1.1.2 ECRAN DE SAISIE :

Lorsque cela est nécessaire, le choix d'une alternative de simulation ou d'une option d'optimisation peut donner lieu à une saisie d'information.

Il peut s'agir des :

- Pièces : * Saisie des prix
 - * Saisie des codes des fournisseurs ou des monnaies d'échange.
- Véhicules: * Saisie des quantités à fabriquer par type de véhicule,
 - * Saisie des indicateurs de fixation des quantités par type de véhicule.

La modification des paramètres est toujours temporaire et n'est donc valable que pour une seule exécution du modèle . Autrement dit, toute modification enregistrée interactivement n'altère pas la valeur originale du paramètre enregistrée dans les fichiers de base du système.

1.1.3 ECRANS DE RESULTATS :

Les écrans de résultats sont constitués par des masques d'édition contenant les indications sur le traitement effectué (simulation, option, pièce et/ou véhicule etc...) et fournissent les résultats intermédiaires.

Les masques d'édition contenant ces résultats renferment des lignes de commandes permettant de poursuivre la simulation ou de sortir vers d'autres possibilités du modèle.

Les résultats sont classés en deux catégories :

- résultats intermédiaires synthétiques fournissant les valeurs globales tels que le budget devise, l'activité UAS et le programme de production relatifs à une itération,

- résultats détaillés essentiellement pour les cas d'optimisation contenant des informations diverses tels que le budget détaillé selon les véhicules, pièces, fournisseurs etc... , les valeurs duales, les valeurs des déviations, l'atteinte des objectifs etc...

La figure IV.1 illustre le cycle de fonctionnement du modèle interactif et indique les points de sortie sous forme de résultats :

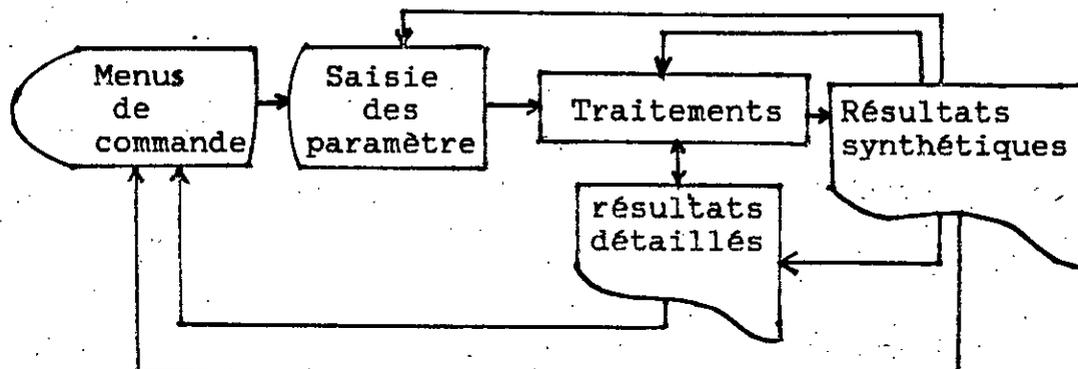


Figure IV.1 : cycle de fonctionnement du modèle interactif.

Les résultats sont transcrits automatiquement sous forme synthétique ou détaillée d'une part à l'écran pour renseigner l'utilisateur et d'autre part dans des fichiers destinés à l'impression selon les souhaits de l'utilisateur.

1.1.4 EDITIONS FINALES :

Les résultats finaux de la simulation sont concrétisés à travers deux sorties :

- Vers le fichier RESULTAT.DAT contenant les résultats synthétiques des différentes simulations effectuées depuis l'entrée dans le système.
- Vers un fichier IMP.Dat contenant les résultats détaillés relatifs aux données du programme linéaire en GP.

Un exemplaire des différents états est fourni en annexe VI et porte sur l'application du banc d'essai.

2. SCHEMA GLOBAL DE FONCTIONNEMENT :

La figure IV.2 illustre le principe global de fonctionnement du modèle informatique et fournit l'échelonnement des différents menus de commande ainsi que les points d'édition des résultats intermédiaires et finaux.

3. UNITES FONCTIONNELLES DU MODELE :

La figure IV.3 décrit le schéma fonctionnel général du modèle interactif et renseigne sur les différents liens entre les unités fonctionnelles.

Les unités fonctionnelles du modèle sont au nombre de six :

- Module évaluation du budget,
- Module simulation sur les pièces,
- Module simulation sur les véhicules,
- Module optimisation,
- Module éditions,
- Module maintenance des fichiers de données.

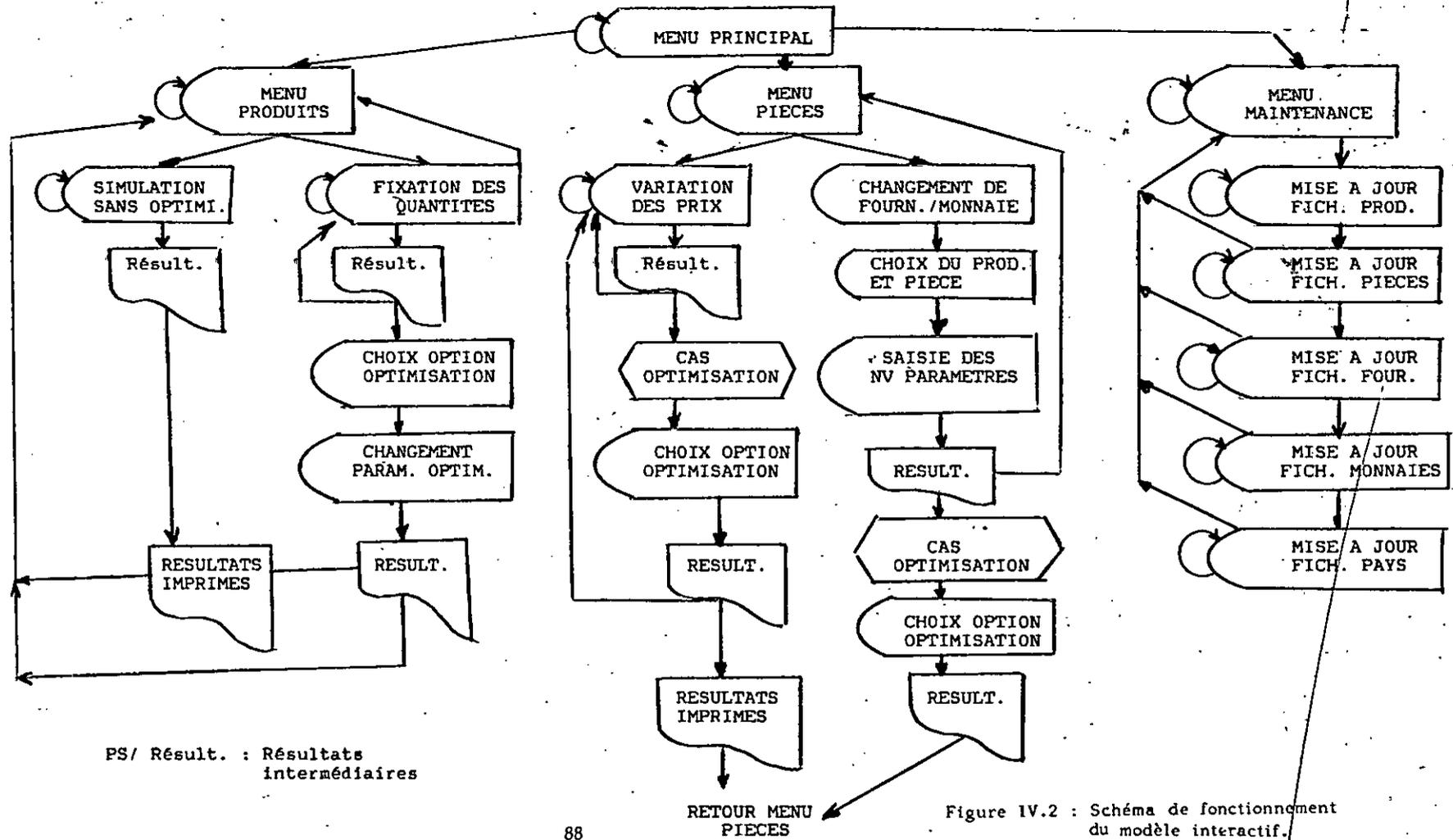


Figure IV.2 : Schéma de fonctionnement du modèle interactif.

ARCHIERS DE DONNEES

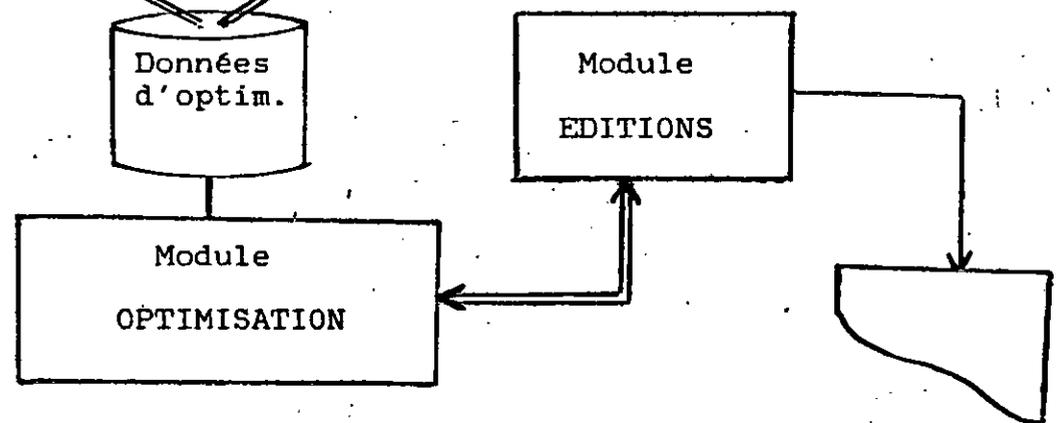
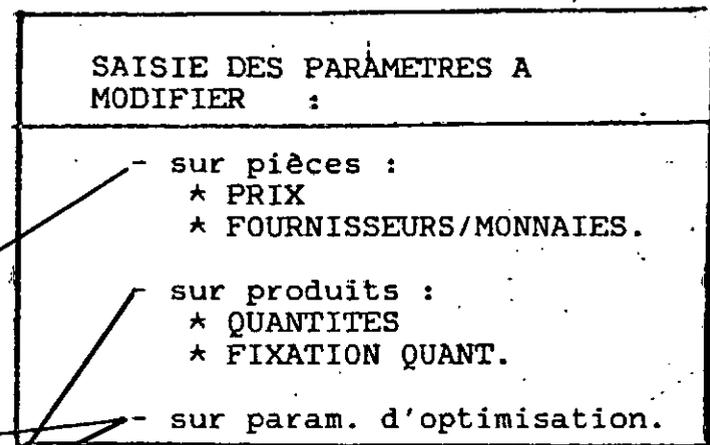
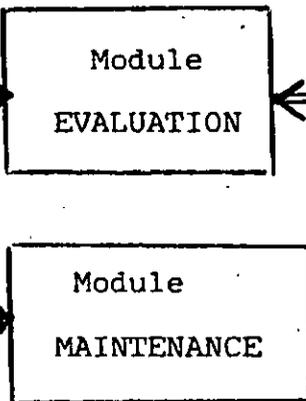
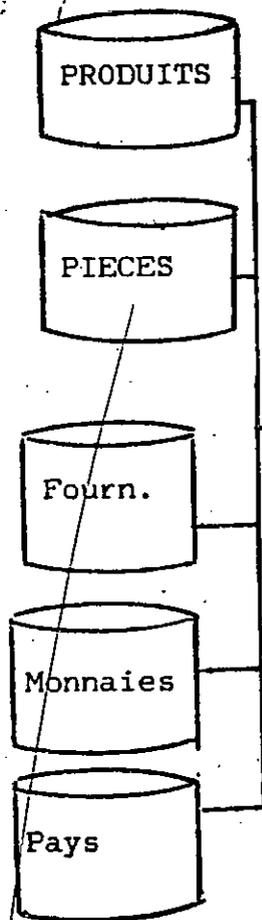


Figure IV.3 : Schéma fonctionnel du modèle interactif.

3.1 MODULE EVALUATION DU BUDGET DEVISE :

L'évaluation du budget devise relatif à un programme de production donné s'établit en fonction :

- de la nomenclature des véhicules,
- des prix des pièces selon le fournisseur retenu,
- du taux de change de la monnaie retenu pour le fournisseur,
- de la quantité à fabriquer de chaque véhicule (programme de production).

Le module utilise les fichiers de données suivants :

- | | |
|-----------------------------|-----------|
| - véhicules (nomenclature) | PROD.DAT |
| - pièces (caractéristiques) | PIECE.DAT |
| - fournisseurs | FOUR .DAT |
| - monnaies | MON .DAT |
| - pays | PAYS .DAT |

Les fichiers de données renferment des informations se rapportant aux paramètres du budget et du programme de production.

Leurs enregistrements respectifs sont présentés en annexe IV du présent mémoire.

En terme d'outputs, le module fournit les éléments du budget devise suivants :

- budget devise total pour tout le programme de production,
- budget par type de véhicule et par pièce (agrégation par type de pièce),
- budget par type de véhicule et par fournisseur (agrégation par fournisseur),
- budget par type de véhicule et par monnaie (agrégation par type de monnaie),
- budget par type de véhicule et par pays (agrégation par pays).

Un exemplaire des différents états selon les répartitions ci-dessus est présenté en annexe VII.

3.2 MODULE DE SIMULATION SUR LES PIECES :

Ce module enregistre les modifications sur les paramètres des pièces tels que :

- les prix de chaque pièce dans la monnaie,
- le changement de fournisseur par type de pièce et de la monnaie correspondante.

En outre, le module prévoit deux alternatives possibles :

- simulation sans optimisation
- simulation avec optimisation

Dans le premier cas, l'utilisateur itère sur la modification des paramètres et reçoit en tant que résultats :

- l'impact budgétaire
- l'impact d'activité
- le budget devise total
- l'activité UAS totale correspondante.

Dans la seconde option, en plus de la simulation comme il vient d'être décrit, le module transmet les données au module optimisation et reçoit en retour le nouveau programme de production optimisé. Après évaluation du budget et de l'activité, l'utilisateur peut itérer pour une autre modification éventuelle.

Dans les deux cas de figure, les résultats sont affichés à l'écran et inscrits dans le fichier RESULTAT.DAT destiné à l'impression.

Le module utilise les fichiers de données suivants :

- PIECE.DAT -----> Pièces
- FOUR.DAT -----> Fournisseurs
- MON.DAT -----> Monnaies

La description logique du module est présentée dans la fiche du programme SIMPIE (fiche 3/3 annexe IV).

3.3 MODULE DE SIMULATION SUR LES VEHICULES :

La simulation sur les véhicules porte sur deux cas de figure :

- changement des quantités à fabriquer par type de véhicule,
- fixation par l'utilisateur des quantités de certains types de véhicule.

Dans le premier cas, il n'y a pas d'optimisation puisque l'utilisateur contrôle lui-même les quantités du programme de production.

Le module détermine à la suite des modifications enregistrées les éléments suivants :

- le budget devise total,
- l'activité UAS totale correspondante,
- les impacts budgétaire et d'activité.

Dans le deuxième cas, l'option optimisation sera activée pour déterminer un programme de production optimal sur les véhicules dont les quantités n'ont pas été fixées (libres).

Dans les deux cas, le module, évalue le budget devise après chaque modification saisie puis enregistre les résultats dans le fichier RESULTAT.DAT et les affiche à l'écran.

La description logique du module est présentée dans la fiche de programme SIMPRO (Fiche 3/3 annexe IV).

3.4 MODULE OPTIMISATION :

Le module optimisation comprend les routines suivantes :

- ALT1, ALT2, ALT3, ALT4, ALT5, ALT6
- OPTI,
- PDO (incluant DEBUT et FIN)

Le but de ce module est de déterminer à partir des données provenant de la simulation, un programme de production optimal basé sur l'une des formulations présentées dans le chapitre III et destinée à résoudre les programmes linéaires multiobjectifs résultants.

Les informations en entrée à l'optimisation portent sur :

- les impacts résultants de la perturbation du budget pour chaque type de véhicule,
- les coûts unitaires devise par type de véhicule,
- les objectifs cibles,
- les facteurs de pondération au sein des fonctions de réalisation des objectifs,
- l'ordre des priorités associées aux objectifs.

Ces informations sont consignées dans un fichier DAT.DAT en entrée au programme PDO de résolution.

Les outputs du module sont :

- le programme de production optimal transmis au module appelant,
- les informations diverses sur le déroulement du calcul d'optimisation (atteinte des objectifs, matrice des coefficients réduits $Z_j - C_j$ etc...)

3.5 MODULE EDITIONS :

Ce module regroupe toutes les possibilités d'édition des résultats sur les simulations et optimisations effectuées.

Il prend en charge l'édition à l'écran et/ou à l'impression des résultats synthétiques et détaillés fournis par le module de simulation ou par l'optimisation.

3.6 MODULE MAINTENANCE DES FICHIERS :

La maintenance de fichiers porte généralement sur la mise à jour et la consultation des éléments des fichiers de données du modèle .La mise à jour consiste en l'introduction d'éléments nouveaux ou en la modification de tout ou d'une partie des enregistrements.

Le présent module permet, entre outre, l'actualisation et la modification de la nomenclature des véhicules . De même, le module offre la possibilité de modifier définitivement les prix des pièces lorsque ceux-ci font l'objet d'une actualisation par le CVI.

Le module comprend aussi, la possibilité de création du fichier PRIOR.DAT contenant les codes fournisseurs et codes monnaies retenus pour chaque pièce de la nomenclature.

4. LISTE DES UNITES DE TRAITEMENT .:

Les unités de traitement, se rapportant aux modules fonctionnels énumérés se répartissent comme suit :

MODULES FONCTIONNELS

PROGRAMMES

. Evaluation	BUD
. Simulation PRODUITS	SIMPRO OPTI
. Simulation PIECES	SIMPIE MODFOUR PRIOR
. Optimisation	PDO (incluant Debut et Fin), ALT1,ALT2,ALT3, ALT4,ALT5,ALT6, MODPAR,
. Editions	ECRIT,LECT
. Maintenance des Fichiers	MAINT PRODUIT PIECE FOUR MON PAYS

Les fiches descriptives de chaque programme sont présentées en Annexe I.

CHAPITRE V

APPLICATION DU MODELE ET RESULTATS

a) codification :

CODE	PRODUIT	DESIGNATION	OBSERVATIONS
101		K66	Véhicule de transport de marchandise 6.6 tonnes
102		K120	Véhicule de transport de marchandise 12 tonnes
103		M230	Véhicule 3 ponds 6X6 20 T
104		TB260	Tracteur 260 CV 35 T

Tableau V-1 : codification des véhicules

b) Limites de capacité spécifiques :

CODE VEHICULE	LIMITE DE CAPACITE INFERIEURE	LIMITE DE CAPACITE SUPERIEURE
101	2	20
102	2	20
103	2	20
104	2	20

Tableau V-2 : Limites de production
spécifiques à chaque véhicule.

c) Limite de production globale :

Cette limite exprime le volume maximal de
production du complexe :

LIMITE SUPERIEURE : 60 VEHICULES/AN

d) Nomenclature des véhicules :

CODE PRODUITS (1)	NB PIECES (2)	CODES DES PIECES (3)					
		PIECE 1	PIECE 2	PIECE 3	PIECE 4	PIECE 5	PIECE 6
101	3	201	203	206			
NOMBRE		2	5	1			
102	4	201	202	205	206		
NOMBRE		1	1	3	2		
103	4	201	202	203	204		
NOMBRE		1	2	2	1		
104	2	202	205				
NOMBRE		3	4				

Tableau V-3 : Nomenclature des véhicules .

NOMBRE : Quantité de chaque pièce pour la fabrication d'une unité de véhicule.

(1) : Code du type de véhiculé.

(2) : Nombre de pièces d'importation entrant dans la fabrication des différents véhicules.

(3) : Codes des pièces d'importation entrant dans la fabrication d'un type de véhicule.

1.1.2 DONNEES SUR LES FOURNISSEURS :

CODE FOUR (1)	DESIGNATION (2)	CODE PAYS (3)	NB MONNAIES (4)	CODE MONNAIES (5)			
				M 1	M 2	M 3	M 4
701	R.V.I.	901	1	801			
702	KHD	902	2	801	803		
703	EHRENREICH	902	1	802			
704	ITALCARDANO	903	1	803			

Tableau V-4 : Données sur les fournisseurs.

(1) : Code du fournisseur

(2) : Designation du fournisseur ou raison sociale

(3) : code du pays d'origine du fournisseur

(4) : Nombre de monnaies d'échange relatives au fournisseur

(5) : Codes des différentes monnaies d'échange selon les fournisseurs.

1.1.3 DONNEES SUR LES PIECES :

CODE PIECE (1)	DESIGNATION (2)	PROD NAT (3)	CL (4)	NB FOUR (5)	CODE FOUR (6)	NB MON (7)	PRIX CODE MON (8)	DES PIECES PRIX CODE MON (9)	PRIX	CODE FOUR	NB MON	CODE MON	PRIX	CODE FOUR	NB MON	CODE MON	PRIX	
201	MOTEUR	0	A	1	701	1	801	8 \$										
202	TRANSMISSION	0	B	1	701	1	801	3 \$										
203	BIELLES	0	A	2	702	2	801	4 \$	803	16 LI	703	1	802	5 FF				
204	SYST. FREINS	0	B	2	701	1	801	2 \$			704	1	803	10 LI				
205	SUSPENSION	0	A	3	702	2	801	2 \$	803	7 LI	703	1	802	3 FF	704	1	803	2.5 LI
206	PNEUMATIQUES	0	C	2	701	1	801	5.2 \$			704	1	803	4.8 LI				

Tableau V-5 : Données techniques sur les pièces à importer.

(1) : Code des pièces importées

(7) : Nombre de monnaies du premier fournisseur.

(2) : Désignation des pièces en abrégé.
Il s'agit en fait des sous-ensembles de montage des véhicules.

(8) : Code de la première monnaie du premier fournisseur.

(9) : Prix de la pièce selon le premier fournisseur et exprimé dans la première monnaie (se rapportant au fournisseur).

(3) : Production Nationale (nulle pour les pièces importées en totalité)

(4) : Classification (A,B ou C) des pièces selon leur importance (valeur) dans le montant global des stocks importés.

l'ensemble I : (5),(6),(7),(8) et (9) se répète 4 fois

le sous-ensemble II: (8) et (9) se répète 5 fois
au sein de l'ensemble I.

(5) : Nombre de fournisseurs par pièce.

(6) : Code du premier fournisseur de la pièce.

1.1.4 DONNEES SUR LES MONNAIES :

CODE MONNAIE	DESIGNATION	TAUX DE CHANGE (DA)
801	DOLLAR US (\$)	6.4
802	FRANC FRANCAIS (FF)	0.90
803	LIRE ITALIENNE (LI)	0.005

Tableau V.6 : Données techniques sur les monnaies d'échange

Les taux de change des monnaies sont en principe applicables au moment des paiements des factures. Ils seront utilisés dans le modèle pour évaluer le budget d'importation global exprimé en Dinars.

1.1.5 DESIGNATION DES PAYS D'ORIGINE :

CODE PAYS	DESIGNATION
901	FRANCE
902	ALLEMAGNE FEDERALE
903	ITALIE

Tableau V-7 : Désignation des pays d'origine.

1.2. APPLICATION DU MODELE INTERACTIF AU BANC D'ESSAI :

1.2.1 SIMULATION :

Cette section fait une présentation d'un exemple de scénario de simulation effectué sur le banc d'essai indiqué ci-dessus.

Les simulations réalisées portent sur deux cas :

a) CAS VEHICULES :

- Modification des quantités à produire sans optimisation,
- Fixation des quantités à produire de certains types de véhicules sans optimisation,
- Fixation des quantités à produire de certains types de véhicules avec optimisation,

b) CAS PIECES :

- Modification de prix d'une pièce sans optimisation,
- Modification de prix d'une pièce avec optimisation.

Ces alternatives de simulation sur les paramètres du programme de production (cas véhicules) et sur ceux des pièces font appel, sur demande de l'utilisateur, à l'optimisation. Celle-ci est réalisée soit par le choix d'une option prévue par défaut dans le modèle (cf chapitre III, 4.3), soit par une sélection des paramètres d'optimisation.

Les résultats des simulations effectuées sur le banc d'essai sont fournis en annexe VI.

Quant à l'optimisation effectuée sur le banc d'essai, nous présentons ci-après les résultats synthétiques.

1.2.2 OPTIMISATION :

Il existe deux formulations d'optimisation selon que l'on désire optimiser après une simulation sur les véhicules ou sur les pièces. En utilisant les données du banc d'essai, on obtient :

a) FORMULATION 1 : Cas véhicules

La formulation présentée ci-après ne prévoit pas de fixation de quantité des véhicules . L'optimisation portera donc sur tous les types de véhicules.

$$\text{Budget : } 148.9 \cdot \text{QP1} + 174.4 \cdot \text{QP2} + 262.4 \cdot \text{QP3} + 68.4 \cdot \text{QP4} + \underset{1}{d} - \underset{1}{d} = 1000 \text{ devise}$$

$$\text{Activité : } 10 \cdot \text{QP1} + 20 \cdot \text{QP2} + 15 \cdot \text{QP3} + 14 \cdot \text{QP4} + \underset{2}{d} - \underset{2}{d} = 900 \text{ UAS}$$

Contraintes structurelles de capacités :

$$\text{QP1} + \underset{3}{d} = 2$$

$$\text{QP2} + \underset{4}{d} = 2$$

$$\text{QP3} + \underset{5}{d} = 2$$

$$\text{QP4} + \underset{6}{d} = 2$$

$$\text{QP1} - \underset{7}{d} = 20$$

$$\text{QP2} - \underset{8}{d} = 20$$

$$\text{QP3} - \underset{9}{d} = 20$$

$$\text{QP4} - \underset{10}{d} = 20$$

contrainte globale de capacité :

$$\text{QP1} + \text{QP2} + \text{QP3} + \text{QP4} + \underset{11}{d} - \underset{11}{d} = 60$$

Les résultats fournis par le modèle selon les trois options prévues par défaut sont donnés dans le tableau V.9. Il faut rappeler que ces options d'optimisation ont été obtenues en faisant varier les priorités associées aux objectifs de la manière suivante :

OPTIONS FORMULATION 1

OBJECTIFS	1	2	3
BUDGET DEVISE	P3	P2	P2
ACTIVITE UAS	P2	P3	P4
CAPACITES SPECIFIQUES	P1	P1	P1
CAPACITE GLOBALE	P4	P4	P3

P1 : Priorité 1.

Tableau V.8 : distribution des priorités par option de la formulation 1.

RESULTATS AGREGES SUR BANC D'ESSAI

FORMULATION 1

TYPES DE VEHICULES	QUANTITES A FABRIQUER		
	OPTION 1	OPTION 2	OPTION 3
K 66	9	2	19
K 120	12	16	2
M 230	20	2	2
TB 260	19	20	20
Nombre Optimal	60	40	43
Total Véh. cible	60	60	60
Budget Optimal	10000	5000	5000
Devise (DA) cible	10000	5000	5000
Activité optimale	900	652.2	535.2
UAS cible	900	900	900

Tableau V.9 : Résultats formulation (1) Banc d'essai.

b) FORMULATION 2 : Cas pièces :

Cette formulation est obtenue après une opération de simulation de changement de prix d'une pièce en l'occurrence celle codée 201. Le prix de cette pièce est portée de 8 \$ à 9 \$. Cette pièce intervient dans les véhicules codés 101, 102 et 103.

$$\text{Impact : } 12.8*QP1 + 6.4*QP2 + 6.4*QP3 + 0*QP4 + d_1 - d_1 = 1000$$

$$\text{Budget : } 161.7*QP1 + 180.9*QP2 + 268.8*QP3 + 68.4*QP4 + d_2 - d_2 = 10000$$

devise

$$\text{Activité : } 10*QP1 + 20*QP2 + 15*QP3 + 14*QP4 + d_3 - d_3 = 900$$

UAS

contraintes structurelles de capacités :

$$QP1 + d_4 = 2$$

$$QP2 + d_5 = 2$$

$$QP3 + d_6 = 2$$

$$QP4 + d_7 = 2$$

$$QP1 - d_8 = 20$$

$$QP2 - d_9 = 20$$

$$QP3 - d_{10} = 20$$

$$QP4 - d_{11} = 20$$

contrainte globale de capacité :

$$QP1 + QP2 + QP3 + QP4 + d_{12} - d_{12} = 60$$

Les résultats fournis par le modèle selon les trois options prévues relatives à la formulation 2 sont donnés dans le tableau V.11. La distribution des priorités pour chaque option est donnée par le tableau V.10.

OBJECTIFS	OPTIONS	FORMULATION 2	
	1	2	3
IMPACT BUDGETAIRE	P4	P3	P4
BUDGET DEVISE	P3	P1	P3
ACTIVITE UAS	P2	P2	P5
CAPACITES SPECIFIQUES	P1	P5	P1
CAPACITE GLOBALE	P5	P4	P2

P1 : Priorité 1.

Tableau V.10 : distribution des priorités par option de la formulation 2.

RESULTATS AGREGES SUR BANC D'ESSAI

FORMULATION 2

TYPES DE VEHICULES		QUANTITES A FABRIQUER		
		OPTION 1	OPTION 2	OPTION 3
K 66		9	0	20
K 120		13	7	18
M 230		18	0	2
TB 260		20	54	20
Nombre Total Véh.	Optimal cible	60	60	60
Impact Budget. (DA)	Optimal cible	314.4	46.39	384
Budget	Optimal	10000	5000	8395.8
Devise (DA)	cible	10000	5000	5000
Activité UAS	optimale cible	900	900	870
		900	900	900

Tableau V-11 : Résultats formulation (2) Banc d'essai.

1.3 CONCLUSION SUR L'APPLICATION SUR LE BANC D'ESSAI:

Les résultats obtenus sur l'application du banc d'essai, tant pour la simulation que pour l'optimisation, nous ont permis d'une part, d'étalonner correctement les différentes options et alternatives prévues et d'autre part, de mettre en évidence le rôle de chacune d'elles.

A travers ces résultats, nous donnons ci-après, pour les deux formulations de base du modèle, une interprétation des différentes options prévues ainsi que le cadre général de leur utilisation.

FORMULATION (1) :

En ce qui concerne la formulation (1), elle est applicable pour la détermination du programme de production en tant qu'élément principal du plan directeur de production.

Les options d'optimisation qui dérivent de cette formulation fournissent des résultats qui répondent à des préoccupations précises de gestion.

L'option (1) permet en effet la détermination d'un programme de production qui privilégie les capacités installées et minimise le budget devise. Le nombre total de véhicules devient alors la conséquence du niveau des ressources disponibles (devises et activité UAS).

Quant aux options (2) et (3), elles fournissent un programme de production qui favorise l'utilisation au mieux du budget devise. Le nombre total de véhicules et l'activité UAS (mécanique) résultants sont alors subis eu égard au montant de l'enveloppe budgétaire (Budget cible).

Le choix de ces trois options prévues par défaut dans le modèle interactif, répond ainsi à différentes situations de gestion. L'option (1) est utilisable par exemple pour les besoins de la prévision budgétaire. Les options (2) et (3) sont utilisables pour la planification de la production et en particulier pour arrêter les niveaux prévisionnels de sous-traitance et/ou d'heures supplémentaires et pour la prévision des dépassements éventuels à prendre en charge.

FORMULATION (2) :

La formulation (2) est prévue pour "redresser" un programme de production ayant subi une perturbation du fait de la simulation effectuée.

Les options qui y sont prévues par défaut répondent aussi à des préoccupations de gestion.

C'est ainsi par exemple, que l'on remarque comment le modèle résorbe une augmentation de prix effectuée sur une pièce.

En effet, l'option 1 du tableau V-7 indique un programme optimal de départ. En augmentant le prix d'une pièce, le tableau V-8 col 1 présente le nouveau programme de production optimal ayant le même budget devise, la même activité et le même nombre total de véhicules que le programme précédent mais dont le budget total est calculé avec des coûts unitaires devises supérieurs.

Lorsque l'impact budgétaire est nul, l'option (1) de la formulation 2 devient identique à son homologue dans la formulation (1).

L'option (2) est assez particulière, car, à travers l'exemple du banc d'essai, elle fournit un programme de 60 véhicules (cible), qui respecte les valeurs du budget devise et d'activité cibles mais qui ne tient pas compte des capacités spécifiques. Cela nous permet ainsi de déceler les véhicules favorables à la résorption de l'impact existant.

Cet état de chose est intéressant, entre autre, pour les besoins des négociations avec les fournisseurs qui demandent des augmentations de prix. Le modèle permet ainsi une prise de position vis-à-vis de ces fournisseurs.

L'option (3), quant à elle, fournit un programme de production respectant les capacités du complexe (spécifiques et globales) et fournit le budget devise puis l'activité UAS conséquents.

De manière générale, la formulation (2) a été prévue principalement pour prévoir ou gérer les situations qui peuvent perturber le budget devise ou l'activité du complexe et qui propose pour chaque cas un programme de production optimal répondant aux objectifs du décideur.

REMARQUE :

Le recours à la simulation sur les paramètres d'optimisation permet à l'utilisateur de créer autant d'options supplémentaires qu'il désire en fonction de la situation à laquelle il est confronté.

2. APPLICATION DU MODELE AU CAS CVI :

L'application sur le cas CVI que nous présentons ci-après comprend deux étapes :

Etape 1 : détermination du programme optimal de production pour 1987 ,

Etape 2 : simulation sur l'augmentation des prix de certaines pièces, détermination de l'impact sur le budget devise et calcul du nouveau programme de production tenant compte des nouveaux coûts unitaires devises.

Les données de l'application comprennent :

- programme réel du CVI pour 1987 , nécessaire à l'établissement des comparatifs et la fixation des objectifs cibles.
- les données sur les limites de capacité spécifiques et globale.

2.1 DONNEES DU PROBLEME :

Les données de base de l'application CVI sont présentées dans les tableaux ci-après :

PROGRAMME GLOBAL DE PRODUCTION (1987)

TYPES	PROG. INTEGRE	PROG. PART. INTEGRE	TOTAL
K66	1600	/	1600
K120	1400	/	1400
M230 (#)	300	700	1000
TB260	400	/	400
TB305 (#)	600	600	1200
C260 4X2	950	/	950
C260 6X4 (#)	0	400	400
49 V8 (#)	300	200	500
100 V8	0	/	0
TOTAL	5550	1900	7450

Tableau V.12 : Programme de production CVI (1987).
(source CVI).

La notion de véhicules intégrés et partiellement intégrés derive du degré de sous-traitance (étrangère) auquel le CVI a recours pour assurer un volume et une qualité de production donnée.

Généralement on parle d'intégration par rapport à l'étranger comme facteur d'indépendance économique.

Au niveau du CVI, on appelle véhicules "intégrés", ceux ayant un taux d'intégration supérieur à 60% et "partiellement intégrés" ceux ayant un taux entre 30 et 60%.

Ces taux reflètent la part Dinars (nationale) dans le coût total des véhicules. Ce dernier comprend aussi une part devise résultant du recours à l'importation des pièces et organes acquis auprès des fournisseurs étrangers.

(#) Véhicules partiellement intégrés.

Les tableaux V.13 et V.14 fournissent les coûts unitaires devises pour les deux catégories énoncées (intégrés et partiellement intégrés) ainsi que les taux d'activité mécanique exprimés en UAS.

Il faut remarquer à ce propos que pour les véhicules partiellement intégrés, la part devise est importante car elle résulte d'un grand volume d'importation. Les organes et sous-ensembles importés pour cette catégorie de véhicules viennent compléter la capacité manquante au niveau de la mécanique.

De ce fait, pour les véhicules partiellement intégrés, l'activité mécanique devient relativement négligeable (remplacée par l'importation). Elle ne constitue plus un critère d'optimisation comme pour le cas des véhicules intégrés.

PROGRAMME INTEGRE (1987):					
TYPES	PROG. INTEGRES	COUT DEVISES (DA)	TAUX UAS MECAN.	COUT DEVISE PROG. (KDA)(#)	ACTIVITE MECAN. PROG. (UAS)
K 66	1600	15140	5687	24224	9099200
K 120	1400	28990	7742	40586	10838800
M 230	300	155600	20350	46680	6105000
TB280	400	130900	7323	52360	2929200
TB305	600	116100	5504	69660	3302400
C260 4X2	950	126800	7064	120460	6710800
C260 6X4	0	148800	12660	0	0
49 V8	300	150600	9153	45180	2745900
100 V8	0	232500	7920	0	0
TOTAUX	5550			399150	41731300

Tableau V.13 : Programme intégré (1987)
(source CVI).

* KDA : Milliers de DINARS.

Budget devise pour les véhicules
 intégrés 399150 KDA

Activité UAS mécanique pour les véhicules
 intégrés 41731300 UAS.

PROGRAMME PARTIELEMENT INTEGRE :

VEHICULES	PROG. PART. INT.	COUITS DEVISE UNIT. (DA)	COU TOTAL PROG P.I. (KDA) (#)
M 230	700	242900	170030
TB 305	600	128600	77160
C 260 4X2	400	218600	87440
49 V8	200	182500	36500
TOTAL	1900		371130 KDA

Tableau V.14 : Programme partiellement
 intégré (1987) (source CVI).

Budget devise pour les véhicules
 partiellement intégrés..... 371930 KDA

(#) KDA : Milliers de DINARS.

Le tableau V.15 fournit les limites inférieures et supérieures de production pour chaque type de véhicule. Elles constituent ce qu'on appelle "les capacités spécifiques" par type de véhicule.

VEHICULES	LIMITE INFERIEURE.	LIMITE SUPERIEURE.
K 66	1000	3000
K 120	1000	3000
M 230	200	1000
TB260	400	1500
TB305	500	1500
C260 4X2	500	1600
C260 6X2	0	1600
49 V8	100	500
100 V8	0	500

Tableau V.15 : Capacités spécifiques par véhicule (1987) (source CVI).

La limite globale de capacité du complexe exprimée en nombre total de véhicules est de :

Programme intégré : 7000 véhicules

Programme partiellement
intégré : 1900 véhicules

2.2 Etape 1 : OPTIMISATION SANS SIMULATION

Dans ce qui suit, nous présentons les résultats sur la détermination du programme de production optimal du complexe en utilisant la formulation (1) présentée dans le chapitre III.

Rappelons que cette formulation (1) est caractérisée par quatre niveaux de priorité associés au budget devise, à l'activité UAS, aux capacités spécifiques par type de véhicule et à la capacité globale du complexe.

Nous nous attacherons, dans cette section, à la détermination du programme de production global selon deux phases :

- Phase 1 : calcul du programme intégré,
- Phase 2 : calcul du programme partiellement intégré.

Le programme global de production du complexe sera ensuite déterminé par la réunion du programme intégré et du programme partiellement intégré.

Les programmes intégré et partiellement intégré sont liés entre eux par les capacités spécifiques indiquées dans le tableau V.3 ci-dessus. Lorsqu'un véhicule est partiellement intégré, il peut être aussi prévu dans le programme intégré et l'inverse n'étant pas toujours vrai. Seulement, la quantité totale à fabriquer selon les deux programmes, doit être dans l'intervalle des limites de capacité spécifiques du dit véhicule.

2.2.1 Phase (1) : Détermination du programme ----- intégré optimal.

Nous appliquons l'option (1) de la formulation (1) en prenant comme objectifs cibles les valeurs suivantes :

Valeur des objectifs cibles :

- Budget devise cible intégré
(budget 1987) 399150 KDA
- Activité mécanique (UAS)
cible (87) 41731511 UAS
- Nombre de véhicules
maximum (intégrés seulement).. 7000 veh

La solution selon le modèle est la suivante :

PROGRAMME OPTIMAL

K 66	2549
K 120	1000
M 230	200
TB 260	400
TB 305	1462
C260 4X2	500
C260 6X4	0
49 V8	100
100 V8	0

TOTAL	6211

TABLEAU V.16 : Programme intégré optimal (1987).

Budget Devise = 399260 KDA
Activité UAS Mécanique = 41731512 UAS

Comparaison avec le Programme réel de 1987 du CVI :

En ayant choisi comme budget et activité cibles ceux correspondant au programme intégré de 1987, on obtient un programme de production de 6211 véhicules - (5550 prévus réellement en 1987) - soit une différence de 661 véhicules supplémentaires par rapport au programme réel de 1987 du CVI.

Nous obtenons ainsi une combinaison nettement meilleure que le programme réel de 1987. Le programme de production optimal donne un nombre de véhicules plus élevé dans les limites de capacité du complexe (7000), satisfaisant ainsi un plus grand nombre de demandes.

En effet, la demande étant illimitée, le programme qui satisfait un maximum de besoins (en nombre), est plus indiqué.

Le programme de production optimal étant issu des valeurs des variables de décision (Q_i dans la formulation générale), il représente la solution primale du programme en "Goal programming". L'atteinte globale des objectifs doit cependant être analysée dans l'intention de déceler les éventuelles améliorations possibles. Cette analyse se fait à travers l'étude des solutions duales correspondant au programme GP.

Interprétation des solutions duales :

L'interprétation des solutions duales en GP se fait par rapport à la dernière priorité du fait qu'elle renferme toute l'information se rapportant à l'atteinte de tous les objectifs du programme GP.

Les variables duales représentent les coûts marginaux se rapportant aux disponibilités en terme de ressources (ou objectifs cibles et bornes inférieures et supérieures dans notre cas).

Mathématiquement, les variables duales s'écrivent :

$$U_i = \frac{\partial f^*}{\partial g_i}$$

avec U_i : variable duale correspondant à la contrainte i du programme GP (correspond à un objectif).

f^* : fonction objectif à l'optimum (au niveau de la dernière priorité)

g_i : valeur cible de l'objectif i

Bouzaher and Mendoza (1987), décrivent les variables duales comme étant l'effet marginal du i eme objectif cible sur la fonction d'utilité du décideur. Les auteurs fournissent aussi dans leur article, une interprétation plus significative des variables duales en terme de prix de référence en GP.

Le lecteur intéressé par une information plus détaillée sur la notion de dualité en GP pourra consulter aussi les travaux de Ignizio (1985) qui donne un algorithme de résolution d'un programme GP par résolution de son dual. De même, Markowski and Ignizio (1983 a) proposent dans ce contexte, une méthode d'analyse basée sur les solutions duales d'un programme GP.

Le tableau V.17 fournit les solutions duales correspondant au programme intégré de production optimal donné dans le tableau V.16.

CONTRAINTE	VALEUR RHS	VALEUR DUALE	SENSIBILITES	
			MIN	MAX
limite inf K 66	1000	U1 = 0	-	2549
" " K 120	1000	U2 = 0.364	649	2209
" " M 230	200	U3 = 2.61	162	793
" " TB 260	400	U4 = 0.323	366	1275
" " TB 305	500	U5 = 0	-	1461
" " C 260 4X2	500	U6 = 0.276	464	1403
" " C 260 6X4	0	U7 = 1.26	0	847
" " 49 V8	100	U8 = 0.649	70	500
" " 100 V8	0	U9 = 0.459	0	461
limite sup K 66	3000	U10 = 0	2550	-
" " K 120	3000	U11 = 0	1000	-
" " M 230	1000	U12 = 0	200	-
" " TB 260	1500	U13 = 0	400	-
" " TB 305	1500	U14 = 0	1462	-
" " C 260 2x4	1600	U15 = 0	500	-
" " C 260 6x4	1600	U16 = 0	0	-
" " 49 V8	500	U17 = 0	100	-
" " 100 V8	500	U18 = 0	0	-
limite globale	7000	U19 = 1	6210.95	-
activité	417313	U20 = -0.0175	402699.2	439709.3
budget	399224	U21 = -0.0003	351981.7	403114.5

Tableau V.17 : Solution duale du programme
intégré (1987).

Les valeurs duales U1 à U9 correspondent aux limites inférieures de capacité des véhicules. Elles représentent les coûts marginaux relatifs à la variation d'une unité du second membre des contraintes en question sur la fonction objectif.

Il faut noter que lorsque la valeur duale relative à la contrainte inférieure sur un type de véhicule est nulle, ce dernier n'a pas d'impact sur l'objectif.

Les contraintes sur les véhicules ayant des valeurs duales non nulles peuvent être considérées comme étant des goulots d'étranglement pour la réalisation totale de l'objectif considéré.

Dans notre cas :

Les véhicules K66 et TB305 n'ont aucun effet sur l'objectif.

Par contre, les véhicules ci-après représentent des goulots d'étranglement pour la réalisation de l'objectif et sont classés selon leur importance.

M 230

C260 6X4

49 V8

100 V8

K 120

C260 2X4

Le véhicule M230 présente à lui seul l'équivalent de près de 10 véhicules C260 4x2 en terme d'effet marginal sur la fonction économique de réalisation des priorités fixées par le décideur.

Cependant, il ne faut pas perdre de vue que si l'on désire agir sur ces bornes inférieures de capacité pour améliorer l'objectif (diminuer la déviation par rapport à la cible visée), cette amélioration n'est effective que si la variation de la cible est établie dans les limites de sensibilité indiquées dans le tableau V.17, autrement on n'est plus garanti de l'optimalité de la même solution.

Autrement dit, pour le véhicule K 120, chaque fois que l'on diminue sa borne inférieure de 2.74 ($=1/0.364$), on obtient une diminution sur l'objectif de l'ordre de 1 véhicule. Cette diminution en terme de déviation est en fait une augmentation du nombre total de véhicules (objectif original).

Cette amélioration obtenue par une action sur le second membre du programme primal n'est valable que dans des limites de sensibilité. Pour le cas du véhicule K 120, la diminution de la borne inférieure de capacité n'a d'effet que si celle-ci reste dans l'intervalle 648-2209. Ceci entraîne une amélioration maximale de l'objectif de l'ordre 128 véhicules.

Les valeurs duales U11 à U18 correspondent aux limites supérieures de capacité des véhicules. Etant toutes nulles, cela signifie que si on augmente les bornes supérieures des intervalles de capacité, l'objectif du nombre total de véhicules demeurera inchangé.

La variable $U20 = -0.0174995$ signifie que 100 unités supplémentaires en UAS contribuent à l'atteinte de l'objectif global par une diminution de 0.0174995 sur la déviation correspondante. Soit une augmentation du nombre total de véhicule à fabriquer de 0.0174995.

Donc, pour passer de 6211 à 6212 véhicules, il est nécessaire de prévoir 5714 UAS supplémentaires dans l'objectif cible.

Cette amélioration sur l'objectif moyennant une plus grande disponibilité d'UAS n'est valable que dans les limites de sensibilité associée à la contrainte. Dans notre cas, l'objectif du nombre total de véhicules maximal à fabriquer peut être amélioré de 392 véhicules par l'apport de 2239000 UAS. Au delà de cette limite, l'objectif demeurera inchangé.

De la même manière, la variable $U21 = -0,0003172$ signifie que 1000 DA de budget Devise en moins, se repercute sur l'objectif par une diminution de 0,0003172 véhicules. Pour passer de 6211 à 6210 véhicules, il faudrait diminuer le budget devise de 3152 KDA. Ceci demeure vrai que si le budget devise reste dans l'intervalle 351982-403114, signifiant qu'on ne peut améliorer l'optimum obtenu ci-dessus que de 1 véhicule supplémentaire par l'apport de 3152 KDA. Il est par contre possible de détériorer cet optimum de l'ordre 15 véhicules (en moins) par une diminution du budget devise de l'ordre de 47243 KDA.

Il est à remarquer que l'amélioration de l'optimum des 6211 véhicule de 1 véhicule coûte très cher en terme de prix de référence eu égard aux coûts devise par type de véhicule.

Par ailleurs, si le décideur est amené à réduire le nombre total de véhicules (jusqu'à concurrence de 15), le reliquat sur le budget devise qui se dégage est de 3152 KDA par véhicule (prix de référence).

L'exemple qui vient d'être présenté sur l'interprétation des solutions duales montre les possibilités d'analyse offertes au décideur soit pour corriger le programme de production de manière à refléter au mieux les conditions de production, soit pour lui permettre une meilleure connaissance des facteurs qui risquent d'engendrer des manques à gagner.

Précédemment, nous nous sommes attachés à déterminer le programme de production optimal correspondant à un budget devise et une activité donnés (1987). Dans ce qui suit, nous allons tenter de valoriser le montant en devises correspondant au gain en véhicules (661 véhicules) obtenu par le programme intégré optimal par rapport au programme réel de 1987 du CVI.

Pour cela, nous déterminons ci-après le budget devise minimal correspondant au programme réel 1987 (5550).

- Calcul du Budget devise minimal pour le programme de production réel de 1987:

Valeurs cibles

- budget devise 399224 KDA
- activité UAS 41731512 UAS
- Nombre total de véhicules.... 5550 véhicules

Le programme optimal résultant est le suivant :

PROGRAMME OPTIMAL

K 66		1107
K120		2743
M230		200
TB260		400
TB305		500
C260	4X2	500
C260	6X4	0
49	U8	100
100	U8	0

TOTAL 5550 véhicules

Tableau V-18 : Programme intégré optimal à budget devise minimal (1987)

Le budget devise et l'activité corespondants sont :

Budget Devise obtenu = 316276 KDA

Activité UAS obtenue = 41731512 UAS

- Le gain en Devise par rapport au budget
réel de 1987 est de : 82948 KDA

Le gain en terme de budget devise vient confirmer
celui obtenu précédemment en nombre de véhicules (661
véhicules).

2.2.2 Phase 2 : Détermination du programme ----- partiellement intégré optimal

Cette phase concerne la détermination du
programme de production partiellement intégré qui vient
en complément au programme intégré pour satisfaire les
capacités encore disponibles pour chaque type de véhi-
cule dans les fonctions autre que mécanique. La satura-
tion de la mécanique se répercute alors par une importa-
tion supplémentaire d'organes et par conséquent entraî-
nant des coûts devise unitaires plus forts (cf tableau V.14).

Principe :

- . Identifier les véhicules qui sont
partiellement intégrés.
- . déterminer les nouvelles limites de
production des véhicules partielle-
ment intégrés en utilisant les
résultats de la phase (1).
- . optimiser le programme de production
sur la base de la minimisation du
budget devise restant et de la maxi-
misation du nombre total de véhi-
cules à produire.

Les véhicules partiellement intégrés sont :

M 230

TB305

C260 6X4

49 U8

Les nouvelles limites supérieures de production de chacun d'eux s'obtiennent en calculant le reliquat de la capacité de production (limite supérieure) par rapport au volume prévu dans le programme intégré (optimal). Les limites inférieures seront dans ce cas toutes nulles.

Le tableau V.19 fournit les nouvelles limites de capacité qui tiennent compte du programme intégré déjà calculé (cf tableau V.14) :

	LIMITE INF.	LIMITE SUP.	PROG. INTEGRE.	RELIQUAT	NOUVELLES LIMITES	
					INF.	SUP.
66	1000	3000	3000	-	0	0
120	1000	3000	1000	-	0	0
230	200	1000	400	800	0	800
B260	400	1500	500	-	0	0
B305	500	1500	1289	38	0	38
260 4X2	500	1600	0	-	0	0
260 6X4	0	1600	100	1600	0	1600
9 U8	100	500	154	400	0	400
00 U8	0	500	0		0	0

Tableau V-19 : Limites de capacité des véhicules partiellement intégrés

Les limites inférieures et supérieures des véhicules intégrés sont nulles pour éviter de les prendre en considération dans l'optimisation du programme partiellement intégré.

Valeurs cibles :

- budget devise 371930 KDA
- Nombre total de véhicules.. 1900 véhicules

PROGRAMME OPTIMAL (partiellement intégré)

VEHICULES	QUANTITES
M230	0
TB305	38
C260 6X4	1338
49 UB	400
TOTAL	1776 véhicules

Tableau V.20 : Programme optimal partiellement intégré (1987)

Budget Devise obtenu (partiellement intégré)371 930 KDA.

Si l'on recherche le budget minimal nécessaire pour la fabrication de 1900 véhicules (comme le programme partiellement intégré réel de 1987 du CVI) on obtient le programme suivant :

VEHICULES	QUANTITE
M230	0
TB305	38
C260 6X4	1462
49 UB	400
TOTAL	1900 véhicules

Tableau V.21 : Programme partiellement intégré optimal à budget devise minimal.

Ce programme entraîne un budget minimal de : 393080 KDA.

2.2.3 Programme de production global optimal 1987 :

Le programme global de production optimal est la réunion des programmes intégrés et partiellement intégrés optimaux obtenus précédemment :

PROGRAMME DE PRODUCTION GLOBAL (1987)

	INTEGRE	PART INTEGRE	TOTAL
1	2549	0	2549
2	1000	0	1000
3	200	0	200
4	400	0	400
5	1462	38	1500
6	500	0	500
7	0	1338	1338
8	100	400	500
9	0	0	0
	6211	1771	7987

Tableau V-22 : Programme global optimal (1987)

BUDGET TOTAL DEVERSE :	Intégré	399 260	KDA
	Part int.	371 930	KDA
	Total	771 190	KDA

Activité Mécanique : 41 731 512 UAS

Gain total par rapport au programme 1987 = 537 Véhicules.

2.3 Etape 2 : OPTIMISATION AVEC SIMULATION :

Nous présentons ci-après un exemple d'optimisation résultant d'une simulation sur la variation des coûts de devises unitaires.

2.3.1 Simulation sur les coûts unitaires
devise des véhicules :

Les variations ont porté sur les coûts devises unitaires des véhicules intégrés et partiellement intégrés.

Le tableau V.23 et V.24 résument un scénario de variation proposé à l'étude respectivement pour le programme intégré et partiellement intégré.

NOUVEAUX COÛTS UNITAIRES DEVISE
PROGRAMME INTEGRE

	COUT DEVISE ANCIEN DA	COUT DEVISE NOUVEAU DA	IMPACT UNITAIRE DA
K 66	15140	16650	1510
K 120	28990	30440	1450
M 230	155600	168000	12400
TB260	130900	130900	0
TB305	116100	116100	0
C260 4X2	126800	139500	12700
C260 6X4	148800	156200	7400
49 VB	150600	150600	0
100 VB	232500	267300	34800

Tableau V-23 : Données de variation des
coûts devises unitaires.

L'impact de cette augmentation des coûts devises sur le programme intégré optimal obtenu en phase (1) est évalué à : 14 129 KDA.

Modification des coûts devises des véhicules
partiellement intégrés :

NOUVEAUX COUTS UNITAIRES DEVISE
PROGRAMME PARTIELLEMENT INTEGRE

	Ancien coût	Nouveau coût
M230	242.9	262.33
TB305	128.6	128.6
C260 6X4	218.6	229.5
49 U8	182.5	182.5

Tableau V-24 : Modification des coûts
devises des véhicules par-
tiellement intégré

Les résultats des programmes optimaux sont donnés
selon les deux phases décrites précédemment.

2.3.2 Phase (1) : Programme intégré optimal

VEHICULES	QUANTITE
K 66	1000
K120	2145
M230	200
TB260	616
TB305	500
C260 4X2	500
C260 6X4	0
49 V8	500
100 V8	0

TOTAL 5461

Tableau V-25 : Programme intégré optimal
(coûts devises modifiés)

avec :

Budget Devise Intégré	:	399224	KDA (1)
Activité globale méc. UAS	:	41731300	UAS
Impact budgétaire résultat	:	13450	KDA.

Nous avons utilisé pour la résolution du programme les valeurs cibles du budget et de l'activité de 1987.

Le programme de production optimal ainsi obtenu et évalué selon les anciens coûts devises unitaires donne un budget devise total de 385775 MDA. Soit une différence de 13450 KDA par rapport au budget donné par (1).

On remarque en fait que le nouveau programme de production obtenu, nécessite le même budget et conserve le même niveau d'activité. L'impact budgétaire est alors NUL.

Il persiste cependant un impact exprimé en nombre de véhicules égal à 750 (6211- 5461). Le choix au décideur reste posé s'il doit accepter un programme réduit avec un impact budgétaire nul ou de conserver le programme et subir une augmentation du budget devise de 13450 KDA.

Cependant, le coût d'impact moyen par véhicule étant de l'ordre de 18 KDA et l'augmentation du budget devise de 3,3 %, il plus logique d'accepter une rallonge (optimale) du budget devise que de diminuer le volume global de production de 750 véhicules (représentant 12 % du programme intégré optimal : 6211).

Nous donnons dans le tableau V.25 les solutions duales dont l'interprétation permet de détecter les véhicules qui constituent un frein dans la réalisation de l'objectif recherché à savoir l'impact Minimal.

CONTRAINTE	VALEUR RHS	VALEUR DUALE	SENSIBILITES	
			MIN	MAX
limite inf K 66	1000	U1 = 0.368	0	2453
" " K 120	1000	U2 = 0	-	2144
" " M 230	200	U3 = 9.771	0	450
" " TB 260	400	U4 = 0	-	615
" " TB 305	500	U5 = 0.238	0	733
" " C 260 4X2	500	U6 = 12.88	76	797
" " C 260 6X4	0	U7 = 6.458	0	206
" " 49 V8	100	U8 = 0	-	500
" " 100 V8	0	U9 = 36.49	0	93
limite sup K 66	3000	U10 = 0	1000	-
" " K 120	3000	U11 = 0	2145	-
" " M 230	1000	U12 = 0	200	-
" " TB 260	1500	U13 = 0	616	-
" " TB 305	1500	U14 = 0	500	-
" " C 260 2x4	1600	U15 = 0	500	-
" " C 260 6x4	1600	U16 = 0	0	-
" " 49 V8	500	U17 = 0	100	692
" " 100 V8	500	U18 = 0	0	-
limite cap globale	7000	U19 = 0	5461	-
activité	417313	U20 = 0.024	348173	468954
budget	399224	U21 = 0.0134	377209	489526
compact	8000	U22 = 1	-	13450

Tableau V.26 : Solution duale du programme
intégré modifié (1987).

Nous remarquons que la révision de la borne inférieure des véhicules 49V8, C260 4X2 et du M230 peut améliorer sensiblement l'objectif de minisation de l'impact budgétaire.

2.3.3 Phase 2 : Programme partiellement
----- intégré optimal

Le tableau ci-après donne les nouvelles limites de capacité des véhicules partiellement intégrés :

	LIMIT INF.	LIMITE SUP.	PROG. INTEGRE	RELIQUAT	NOUVELLES LIMITES	
					INF	SUP
M230	200	1000	200	800	0	800
TB305	500	1500	500	1000	0	1000
C260 6X4	0	1600	0	1600	0	1600
49 V8	100	500	500	0	0	0

Tableau V-27 : Limites de capacité des véhicules partiellement intégrés (coûts devises modifiés).

La solution optimale du programme partiellement intégré est la suivante :

VEHICULES	QUANTITE
TB305	1000
C260 6X4	1060
TOTAL	2060

Budget devise part. Intég = 371930 MDA

Activité méc. part. intg. = 41731300 UAS

2.4 Conclusions sur l'application CVI :

A travers cette application, on remarque toute la puissance dans l'analyse qu'offre le modèle de simulation et d'optimisation par la technique "goal programming".

En effet, nous avons vu comment, après une augmentation des coûts unitaires devise entraînant un impact budgétaire positif de 14129 KDA, le modèle détermine un autre programme de production qui résorbe l'augmentation en terme de devises. Le modèle propose ainsi au gestionnaire une conduite à tenir devant une situation simulée ou réelle.

Les résultats obtenus montrent très bien l'intérêt de l'optimisation du programme de production basée sur les critères d'utilisation au mieux des ressources rares allouées au complexe.

L'interprétation des résultats obtenus et notamment les solutions duales fournissent au décideur des éléments d'information très utiles et qui viennent compléter les résultats finaux en termes d'objectifs atteints.

De même, à travers les analyses faites sur les solutions optimales obtenues au cours des différentes phases de résolution, nous remarquons la robustesse offerte par le modèle. En effet, lors de la détermination du programme intégré (tableau V.14 et V.18), les gains par rapport au programme réel (1987) du CVI se présentent comme suit :

- gain physique : 661 véhicules
- gain budgétaire : 82948 KDA.

soit un gain moyen par véhicule de l'ordre de 125 KDA qui s'inscrit bien dans l'intervalle des coûts unitaires par type de véhicules lesquels sont compris entre 15.14 KDA et 232.5 KDA (cf tableau V.13).

Cependant, la technique GP utilisée dans le modèle reste très dépendante du choix des priorités assignées aux objectifs. Il existe dans certains cas un nombre considérable de possibilités de choix des priorités. Il sera ainsi toujours nécessaire de bien étudier le problème à résoudre afin de définir une hiérarchisation des objectifs à concilier.

De même, le choix des valeurs cibles est aussi important dans la mesure où elles conditionnent fortement l'interprétation des variables duales. En effet une valeur cible trop faible dans le cas d'une minimisation (et inversement) peut donner une valeur duale nulle ne permettant pas d'interpréter l'atteinte de l'objectif ni son amélioration éventuelle.

CHAPITRE VI

CONCLUSION

Le présent chapitre est une conclusion générale sur le travail entrepris dans le cadre de ce mémoire. Il rappelle en début les objectifs du thème étudié et fournit une évaluation globale sur la base des résultats obtenus .

Le chapitre comporte aussi un aperçu sur les perspectives futures de développement intéressantes à envisager dans le cadre de l'approfondissement de la recherche ainsi entreprise.

1. OBJECTIFS DE LA RECHERCHE :

Il faut rappeler que l'objet du mémoire est la conception et la réalisation d'un modèle interactif de simulation et d'optimisation du programme de production du CVI/SNVI en tant qu'outil d'aide à la décision pour les besoins de la planification de la production.

Les objectifs initiaux assignés au modèle interactif sont au nombre de trois et se rapportent principalement à des préoccupations de gestion.

Le premier objectif est de mettre à la disposition des gestionnaires du CVI/SNVI un outil de simulation à même de permettre la détermination des impacts résultant des variations que peuvent subir les paramètres d'acquisition des pièces et organes importés par le Complexe. Ensuite, le modèle doit permettre le calcul du programme de production optimal devant faire face à la perturbation survenue.

Cette préoccupation relève du domaine de la planification de la production car elle pose un problème de gestion prévisionnelle se rapportant à la première étape du processus de planification (voir Chap II 1.2) à savoir le plan directeur de production.

Le second objectif lié au modèle en tant qu'outil de planification est la formalisation d'une méthode de détermination du plan directeur de production qui ne soit pas basée sur les données commerciales. Celles-ci perdent en effet toute leur signification dans le cas du marché national des véhicules en Algérie (situation de pénurie).

Cet objectif vise, à travers l'optimisation du programme de production, une nouvelle optique pour la détermination du plan directeur en tant qu'étape principale de la planification et répondant aux conditions réelles de production de l'entreprise.

Le troisième objectif concerne la nature et le mode d'utilisation du modèle développé. Son aspect interactif répond au souci des gestionnaires de pouvoir connaître et prendre les décisions qu'il faut très rapidement pour ne pas perturber les cycles de production.

De nos jours, les techniques de management par la simulation commencent à s'introduire progressivement dans l'entreprise. En effet, lorsqu'une donnée stratégique (budget devise, capacité) vient à être modifiée, le gestionnaire est désireux de connaître immédiatement l'effet provoqué par ce changement et la conduite à tenir. La célérité de traitement dans ce genre de situations est un avantage certain et le modèle informatique développé y contribue efficacement.

2. ETAPES PARCOURUES ET CONTRIBUTIONS DE LA RECHERCHE :

Les phases principales qui ont prévalu à la conception et la réalisation du modèle interactif sont les suivantes :

- Enquêtes au niveau du CVI et formalisation des préoccupations,
- Formalisation des éléments de simulation et préparation des données sur les véhicules fabriqués et les éléments importés,
- Formulation du modèle d'optimisation et choix de la méthode de résolution,
- Programmation et développement du modèle interactif,
- Tests du modèle sur un banc d'essai,
- Application du modèle au cas CVI

L'enquête réalisée tout à fait au début de ce travail, auprès des gestionnaires du CVI, avait pour but de recenser les problèmes posés par la gestion du budget devise d'une part, et par la détermination et le suivi du plan de production d'autre part.

Cette phase a permis un recueil d'informations général sur l'organisation de la production du complexe et sur les différentes procédures d'importation des pièces et organes.

Au terme de cette phase, un constat sur la gestion de la production a été établi et les besoins des gestionnaires en matière de simulation ont été identifiés.

La seconde phase porte sur la formalisation des problèmes de gestion posés au cours de la première phase. Cette formalisation nous a permis de concevoir le schéma général du modèle de simulation.

A cette occasion, un travail de recherche documentaire a été réalisé dans le domaine de la gestion de la production et des méthodes modernes de planification dans le contexte classique d'une économie de marché. Les informations recueillies à ce propos ont permis de constater la situation du CVI par rapport aux méthodes théoriques existantes ("state of the art").

La troisième phase de développement du modèle concerne la formalisation du problème d'optimisation du programme de production. C'est en effet sur la base des résultats de la simulation que l'on peut envisager la détermination d'un programme de production optimal.

A ce titre, la technique de résolution des programmes linéaires multiobjectifs appelée "Goal Programming" a été choisie pour la résolution des problèmes linéaires issus de la simulation. Ce choix a été fait en tenant compte de la formulation du problème et des avantages offerts par la méthode.

La phase programmation et développement du modèle a porté sur la finalisation des modèles de simulation et d'optimisation sous forme d'un logiciel informatique. Pour assurer à celui-ci une convivialité satisfaisante il a fallu faire appel à une programmation avancée (modulaire) et à l'utilisation d'utilitaires d'édition en mesure de saisir les données et d'afficher les résultats de manière interactive.

De même, s'agissant essentiellement d'un calcul scientifique (cas optimisation) le recours au langage FORTRAN permet d'obtenir des temps de réponse appréciables eu égard à la taille des programmes linéaires à résoudre. D'autre part, pour les besoins de la simulation dont le traitement porte sur une base de données (véhicules, pièces, fournisseurs, monnaies, pays), le FORTRAN 77 qui rallie bien les aspects scientifiques et ceux de gestion a donné satisfaction.

Au cours de cette étape, pas moins de quarante (40) modules représentant environ 6300 lignes de code ont été développés et testés.

Les deux dernières phases de développement du modèle se rapportent d'une part, aux tests sur un banc d'essai pour s'assurer du bon fonctionnement des différents modules et à l'application au cas CVI d'autre part. Cette application a été réalisée sur le programme de production de 1987.

A titre indicatif, les temps d'exécution du modèle lors du banc d'essai et pour une seule passe de simulation sont de 5 secondes CPU sur un mini ordinateur du type VAX 750 (DEC).

De manière générale, les résultats obtenus ont été très significatifs. En effet, le modèle propose un programme de production qui permet, sur la base du budget devise et de l'activité UAS mécanique disponibles, un gain de 537 véhicules par rapport au programme réel. Le CVI ayant fabriqué 7450 véhicules pour 1987, le gain en budget devise s'élève à 61834 KDA.

Par ailleurs, Le modèle d'optimisation basé sur la GP, vient ainsi enrichir les applications de la "Goal Programming" notamment dans le domaine de la production et en particulier pour l'environnement Algérien.

3. PERSPECTIVES DE DEVELOPPEMENT DU MODELE :

Tout au long de notre développement, nous avons considéré que toutes les équations du problème en GP sont linéaires ou peuvent le devenir moyennant une transformation (techniques de linéarisation de fonctions) et lorsque cela est possible. Cette hypothèse a été posée à juste titre.

En effet, le complexe étant structuré en ateliers, les véhicules qui y sont produits passent par des étapes de fabrication spécifiques et communes (fonction mécanique). Lorsqu'on rapporte les quantités (Q_{Pi}) soit aux coûts devises, soit à l'activité horaire, les relations sont forcément linéaires.

Par contre, lorsque les pièces ou organes sont partiellement importés, l'équation du budget devise devient alors non linéaire.

en effet, soit pour une pièce j :

- PN_j : quantité fabriquée localement de la pièce j
- P_j : coût devise de la pièces j
- Q_{TEij} : Quantité de la pièce j dans le véhicule i .

$$P_j = 0 \quad \text{si} \quad \sum_{i=1}^n QTE_{ij} * QP_i \leq PN_j$$

$$P_j \neq 0 \quad \text{si} \quad \sum_{i=1}^n QTE_{ij} * QP_i > PN_j$$

On remarque que $P_j = f(QP_i)$. Les coûts unitaires par type de pièces sont une fonction des quantités à fabriquer. Le budget devise associé à la pièce j soit B_j devient :

$$B_j = f(QP_i) * g(QP_i)$$

$$\text{avec } g(QP_i) = \sum_{i=1}^n QTE_{ij} * QP_i$$

Ce qui montre bien une relation quadratique.

Ceci peut constituer une perspective de développement complémentaire au présent travail.

Par ailleurs, d'autres voies d'optimisation selon les autres méthodes "multiobjectifs" peuvent être développées puis comparées à la GP.

De même, dans le modèle développé, étant donné les volumes de production par type de véhicules, la précision demandée n'exige pas le recours à la programmation en nombres entiers, mais il serait intéressant d'explorer cette voie.

Quant au modèle de simulation, une perspective de développement peut être envisagée pour prendre en compte le budget devise de fonctionnement du complexe. Celui-ci concerne l'importation des pièces de rechange, l'assistance technique etc...

De même, la simulation prévue dans le modèle développé est entièrement contrôlée par l'utilisateur et a un caractère déterministe. Il est très intéressant d'envisager un autre développement en considérant par exemple les fluctuations des prix ou des taux de change en tant que variables aléatoires.

Par ailleurs, la mise en place du modèle interactif au niveau du complexe CVI nécessitera une étape d'implantation accompagnée d'un manuel ou guide d'utilisation.

BIBLIOGRAPHIE

BAZARAA M. S. and A. BOUZAHER,
A linear goal programming model for
developing economies with an illustration
from the agricultural sector in EGYPT.
Management Science, VOL 27 N°4,
p. 396-413 (1981).

BOTTECHIA M. and M. RORIVE :
Organisation et gestion de la production.
Edi. Technique et documentation.(1981).

BOUZAHER A. and G. A. MENDOZA,
Goal Programming : Potential and limitations
for agricultural Economics.
Cdn J of Agric Economics, N°35, p 89-107. (1987).

CHARNES A. and W.W. COOPER,
Management models and industrial
applications of linear programming.
Vol I et II.
John Wiley and sons (1961).

DAUER J. P. and R. J. KRUEGER,
An iterative approach to Goal Programming.
Opl Res Q, Fergamon Press vol 28, N°3,
p 671-681. (1977).

DIMINNIE C. D. and N.K. KWAK,
A Hierarchical Goal Programming Approach to
Reverse Ressource Allocation in Institutions of
Higher Learning.
J Opl Res Soc vol 37, N°1, p 59-66. (1986).

DOUMEINGTS G., D. BREUIL et L. PUN,
La gestion de production assistée par
ordinateur (Techniques de base de la XAO).
Editions : Hermes (1983).

FAURE R.,
Précis de Recherche Opérationnelle.
Dunod Décision (1979).

FICHERA E. J. et S. M. LEE,
La programmation des Objectifs : Modèle de
décision adaptés aux besoins des entreprises
Françaises.
Edi. Publi-Union. (1974).

- GASS S. I.,
A process for determining Priorities and
Weights for Large-scale Linear Goal Programmes.
J Opl Res Soc vol 37,N° 8,p 779-785.(1986).
- HALLEFJORD A. and K JORNSTEN,
A critical comment on integer Goal
Programming.
J Opl Res Soc vol 39,N°1,p 101-104, (1988).
- HANNAN E. L.,
An assessment of some criticisms of Goal
Programming.
Compt & Ops Res vol 12,N°6,p 525-541.(1985).
- IGNIZIO J.P.,
Goal programming and extensions.
Lexington Books (1976).
- IGNIZIO J. P.,
An algorithm for solving the linear goal
programming problem by solving its dual.
J Opl Res Soc vol 36,N°36,p 507-515.(1985).
- ISGP : Gestion de production : Module 3
Organisation du travail, gestion d'atelier,
ordonnancement, méthodes.
ISGP.(1987 a).
- ISGP : Gestion de production : module 3
Planification de la production (PLAN PRO)
Dossier cas.
ISGP.(1987 b).
- ISGP : Gestion de production : Module 4
Gestion des flux.
ISGP.(1987 c).
- IJIRI Y.,
Management Goals and accounting for control
Amsterdam : North-holland Publishing (1965).
- JOHNSON L.A. and D.C. MONTGOMERY.
Operations research in Production Planning,
Scheduling, and Inventory Control.
Wiley, NY, (1974).
- LASSOURI J.,
La gestion de production et son environnement.
La GPAO une réalité quotidienne.
CMG. Travail et méthodes N°456,p 51-53.(1985).

LEE S. M.,
Goal programming for decision analysis
Pensylvania Auerbach Publisher (1972).

LEE S. M. and R. L. LUEBBE,
A zero-one Goal Programming algorithm using
partitionning and constraint aggregation.
J Opl Res Soc vol 38,N°7,p 633-641.(1987).

MARKOWSKI C. A. and J. P. IGNIZIO,
Duality and transformation in multiphase and
sequential linear Goal Programming.
Comput & Ops Res vol 10,N°4,p 321-333.(1983 a).

MARKOWSKI C. A. and J. P. IGNIZIO,
Theory and properties of lexicographic linear
goal programming dual.
Large scale systems N°5,p 115-121.(1983 b).

PRITSKER ALAN A. B. :
Introduction to simulation and SLAM II.
Edi. SPC West Lafayette Indiana.(1984)

ROMERO C. and T. REHMAN,
Goal Programming and multiple critéria
décision making in farm planning.
An expository analysis.
J of Agric Economics N° 35,p 177-190.(1984 a).

ROMERO C. and T. REHMAN,
Goal Programming and multiple critéria
decisoin making in farm planning :
Some extentions.
J of Agric Economics N° 36,p 171-186.(1984 b).

ROMERO C.,
A Survey of generalized Goal Programming
(1970-1982) .
European J Opl Res N° 25,p 183-191.(1986).

SAATCIOGLU O.,
A multi-attribute assignement Goal
Programming model with incentives
J Opl Res Soc vol 38,N°4,p 361-365.(1987).

SCHONBERGER R.J.,
Just in time production system
Replacing complexity with simplicity in
Manufacturing Management,p 52-63,(1984).

SHANNON R. E.,
Systems simulation, the art and science.
edi. Prentice-hall New Jersey.(1975).

SUMER C. A.,
MRP, JIT, OPT, FMS ?
Making sense of production operation systems
Special report.
Harward Business Review, p 8-16, (1985).

WILLIS C. E. and R. D. PERLALE,
A comparaison of generating techniques and
Goal programming for public investment,
multiple objective decision making.
American Agric Eco Ass, p 66-74. (1980).

WU N. and R COPPINS,
Linear programming and extentions.
McGraw-Hill Book Company (1981).

ZANAKIS S. H. and S.K. GUPTA,
A categorized Bibliographic Survey of Goal
Programming.
Omega Int J of Mgmt vol 13, N°3, p 211-222. (1985).

DOCUMENTS DIVERS REMIS PAR LE CVI/SNVI.

Fiche technique sur le CVI. Données générales
et informations relatives a la production.
CVI/SNVI. (1987).

Nomenclature agrégée des véhicules (exprimée
en famille de pièces) - Pièces de classe A -
CVI/SNVI. (1987).

TABLE DES TABLEAUX

REFERENCE	TITRE	PAGE
II.1	Types de véhicules fabriqués par le CVI	34
II.2	Proportions d'activité UAS par fonction (%) du CVI	35
V.1	Codification des véhicules	97
V.2	Limites de production par véhicule	97
V.3	Nomenclature des véhicules	98
V.4	Données techniques sur les fournisseurs	99
V.5	Données techniques sur les pièces	100
V.6	Données techniques sur les monnaies d'échange	101
V.7	Désignation des pays d'origine	101
V.8	Distribution des priorités par option de la formulation 1	104
V.9	Résultats formulation 1	104
V.10	Distribution des priorités par option de la formulation 2	106
V.11	Résultats formulation 2	106
V.12	Programme de production du CVI (1987)	110
V.13	Programme intégré (1987)	111
V.14	Programme partiellement intégré (1987)	112
V.15	Capacités spécifiques par véhicule (1987)	113
V.16	Programme intégré optimal (87)	115

REFERENCE	TITRE	PAGE
V.17	Solution duale du programme intégré (1987)	117
V.18	Programme optimal à budget devise minimal (1987)	120
V.19	Limites de capacité des véhicules partiellement intégrés (1987)	122
V.20	Programme optimal partiellement intégré (1987)	123
V.21	Programme partiellement intégré optimal à budget devise minimal	123
V.22	Programme global optimal(1987)	124
V.23	Données de variation des coûts devise unitaires	125
V.24	Modification des coûts devise des véhicules partiellement intégrés	126
V.25	Programme intégré optimal (coûts devise modifiés)	126
V.26	Solution duale du programme intégré (modifié)	128
V.27	Limites de capacité des véhicules partiellement intégrés (coûts devises modifiés)	129
V.28	Solution optimale globale (coûts devise modifiés)	130

TABLE DES FIGURES

REFERENCE	TITRE	PAGE
II.1	Les fonctions de l'entreprise	15
II.2	Le système de production	16
II.3	Planification de la production	18
II.4	Horizons et périodes de prise de décision	19
II.5	Plan directeur	21
II.6	Modèle de simulation/optimisation dans le planification de la production	23
II.7	Exemple d'étapes de calcul des besoins	24
II.8	La démarche MRP	27
III.1	Eléments de coûts d'un véhicule	57
III.2	Schéma du processus de paiement des factures (CVI)	63
IV.1	Cycle de fonctionnement du modèle interactif	86
IV.2	Schéma de fonctionnement du modèle interactif	88
IV.3	Schéma fonctionnel du modèle interactif	89

TABLE DES ANNEXES

REFERENCE	TITRE
I	Fiche de présentation de la SNVI
II	Exemple de calcul manuel MRP
III	Barème UAS (physique et valorisé)
IV	Fiches programmes (fortran) et enregistrements des fichiers de données
V	Menus et écrans de résultats
VI	Etats des résultats sur le banc d'essai
VII	Etats de répartition du budget devise

TABLE DES NOTATIONS

INDICES :

- i : Indice des types de véhicules ($i=1,n$)
 I : Ensemble d'indices des véhicules à quantité fixe
 j : Indice des pièces importées ($j=1,J$)
 J : Nombre total de types de pièces
 k : Indice des fournisseurs ($k=1,K$)
 K : Nombre total de fournisseurs
 l : Indice des monnaies ($l=1,L$)
 L : Nombre total de monnaies
 n : Nombre total de véhicules.

NOTATIONS UTILISEES DANS LE MODELE :

- A_i : Activité UAS mécanique pour une unité du véhicule i
 AG : Activité UAS mécanique totale
 Ac : Activité UAS cible
 B : Budget total devise de production
 Bc : Budget devise cible
 B_i : Budget devise unitaire du véhicule i
 BF_{ik} : Budget devise unitaire du véhicule i selon le fournisseur k
 BP_{ij} : Budget devise unitaire du véhicule i pour la pièce j
 BM_{il} : Budget devise unitaire du véhicule i selon la monnaie l

Cjkl : Variable booléenne (=1 si le fournisseur retenu pour la pièce j est k et la monnaie l; =0 sinon)

e_i : Impact budgétaire du véhicule i

Ec : Valeur cible de l'impact budgétaire

Ech_r : Valeur de l'échéance r

IAi : Impact d'activité relative au véhicule i

IACT : Impact d'activité cumulé

IBUD : Impact budgétaire cumulé

Li : Limite inférieure du véhicule i

Nb_v : Nombre total maximal de véhicules que le CVI peut produire

Pjkl : Prix de la pièce j selon le fournisseur k et la monnaie l

PMj : Coût moyen devise de la pièce j (partiellement importée)

PNj : Quantité fabriquée localement de la pièce j

QTj : Quantité à importer de la pièce j

QPi : Quantité à fabriquer du produit i

QTj : Quantité totale de la pièce j pour tout le programme de production

QTEij : Quantité de la pièce j dans le véhicule i

Ui : Limite supérieure du véhicule i

Tl : Taux de change de la monnaie l

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR

ÉCOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DÉPARTEMENT GENIE INDUSTRIEL

3/89
T2



Présentée par :

OUDJET Khaled Ingénieur ENP

Pour l'obtention du diplôme de
MAGISTER EN GENIE INDUSTRIEL

TITRE

*VERS LA CONCEPTION ET LA REALISATION
D'UN MODELE DE SIMULATION SUR LE BUDGET
DEVISE ET D'OPTIMISATION DU PLAN
DE PRODUCTION DU CVI-SNVI*

VOLUME 2 ANNEXES

Soutenue publiquement le 26 Juin, 1989 devant le jury :

Président : Mme. BELMOKHTAR Oumhani

Chargé de cours

Rapporteur : Mr. BOUZAHER Abdelaziz

Maitre de conférence

Examineurs : Mr. KERBACHE Laoucine

Maitre de conférence

et Mr. SALHI Said

Maitre de conférence

Invité : Mr OUDJIT Salah

Directeur CVI

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT GENIE INDUSTRIEL

THESE

Présentée par :

OUJDET Khaled Ingénieur ENP

Pour l'obtention du diplôme de
MAGISTER EN GENIE INDUSTRIEL

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
المكتبة — BIBLIOTHEQUE
Ecole Nationale Polytechnique

TITRE

*VERS LA CONCEPTION ET LA REALISATION
D'UN MODELE DE SIMULATION SUR LE BUDGET
DEVISE ET D'OPTIMISATION DU PLAN
DE PRODUCTION DU CVI-SNVI*

VOLUME 2 ANNEXES

Soutenue publiquement le 26 Juin 1989 devant le jury :

Président : Mme. BELMOKHTAR Oumhani

Rapporteur : Mr. BOUZAHER Abdelaziz

Examineurs : Mr. KERBACHE Laoucine

et Mr. SALHI Said

Invité : Mr OUDJIT Salah

Chargé de cours

Maitre de conférence

Maitre de conférence

Maitre de conférence

Directeur CVI

TABLE DES ANNEXES

REFERENCE	TITRE
I	Fiche de présentation de la SNVI
II	Exemple de calcul manuel MRP
III	Barème UAS (physique et valorisé)
IV	Fiches programmes (fortran) et enregistrements des fichiers de données
V	Menus et écrans de résultats
VI	Etats des résultats sur le banc d'essai
VII	Etats de répartition du budget devise

A N N E X E I

FICHE DE PRESENTATION DE LA SNVI

FICHE SYNTHETIQUE SNVI

IDENTIFICATION :

- SNVI : SOCIETE NATIONALE DES VEHICULES INDUSTRIELS
- SIEGE SOCIAL : ROUIBA (W. BOUMERDES)
- BRANCHE : MECANIQUE
- SECTEUR : MINISTERE DE L'INDUSTRIE LOURDE
- QUELQUES CHIFFRES GLOBAUX (Source SNVI 1987):
 - VALEUR DE LA PRODUCTION : 3.2 10⁹ DA
 - CHIFFRE D'AFFAIRE : 6.6 10⁹ DA
 - VALEUR AJOUTEE : 1.6 10⁹ DA
 - EMPLOIS : 16600 personnes
- ACTIVITES INDUSTRIELLES PRINCIPALES :
 - FABRICATION DE VEHICULES INDUSTRIELS :
 - Montage Camions (gammes hautes, moyennes et basses),
 - Montage cars et bus,
 - Emboutissage,
 - Usinage pièces principales (boîtes à vitesse, ponts-essieux, moteurs),
 - Usinage pièces secondaires (chassis, organes secondaires),

- Carrosserie (portée, tractée),
- Forge grosses pièces (pilon),
- Forge petites pièces,
- Fonderie (GS, grise, aluminium),
- Sous-ensembles et pièces diverses de sous/traitance).

- ACTIVITES COMMERCIALES :

- Achat de véhicules,
- Stockage central des pièces de rechange,
- Distribution des pièces de rechange,
- Réparation des véhicules,
- rénovation des organes,
- Assistance clientèle,
- Formation.

- UNITES DE LA SNVI :

- Complexe Véhicules industriels de ROUIBA (CVI),
- Carrosserie Industrielle de TIARET,
- Carrosserie Industrielle de ROUIBA,
- Unité de carrosserie d'El-Mokrani (H Dey),
- Centres de distribution et Maintenance.
 - 3 unités commerciales centrales,
 - 12 unités régionales commerciales,
 - 21 points de ventes,
 - 315 Agents agréés.

A N N E X E II.

EXEMPLE DE CALCUL MANNUEL MRP

EXEMPLE SUR LA METHODE MRP MANUELLE :

L'exemple suivant sur la méthode MRP a été inspiré d'une étude de cas (PLAN PRO) présentée à l'Institut supérieur de la gestion de la Production (ISGP) à ALGER.

L'exemple fournit une idée sur les différents types de données requises par la méthode MRP pour l'établissement des besoins nets et des charges des ateliers.

Le cas exposé comprend deux atelier (process simple) :

- atelier de montage : 40 personnes,
- atelier d'usinage : 35 personnes.

La nomenclature des produits est à trois niveaux :

- Produits finis (P1, P2, P3)
- sous/ensembles (S1, S2, S3)
- pièces élémentaires (E1, E2, E3, E4)

A- DONNES TECHNIQUES :

1) Nomenclature :

<u>produit 1</u>	<u>produit 2</u>	<u>produit 3</u>
- S1 x 3	- S1 x 2	- S2 x 1
- S2 x 1	- S2 x 4	- E3 x 2
- E2 x 2	- S3 x 1	- E1 x 3
<u>S/ensemble S1</u>	<u>S/ensemble S2</u>	<u>S/ensemble S3</u>
- E1 x 2	- E2 x 2	- E1 x 4
- E2 x 1	- E3 x 3	- E4 x 5
- E3 x 6	- E4 x 2	

2) Gammes simplifiées :

Temps de montage :

- P1 ----> 10 hr
- P2 ----> 15 hr
- P3 ----> 30 hr
- S1 ----> 5 hr
- S2 ----> 2 hr
- S3 ----> 8 hr

Temps d'usinage :

- E1 ----> 2 hr
- E2 ----> 6 hr
- E3 ----> 1 hr
- E4 ----> 3 hr

3) Coûts matière :

- E1 ----> 20 DA
- E2 ----> 15 DA
- E3 ----> 10 DA
- E3 ----> 5 DA

4) Coûts de montage et d'usinage :

Montage : - heures normales : 60 DA
 - heures supplémentaires : 75 DA
Usinage : - heures normales : 80 DA
 - heures supplémentaires : 100 DA
S/traitant usinage : 110 DA l'heure

5) Disponibilités :

Montage : 14000 Heures cycle = 1 mois

Usinage : 30000 heures cycle = 1 mois

Heures supplémentaires : 10 % autorisé.

Sous-traitant : 8000 heures autorisées.

6) DONNEES COMMERCIALES :

Programme des ventes sur 4 mois :

produits	mois			
	J	F	M	A
P1	0	0	100	100
P2	0	0	200	250
P3	0	0	80	120
S2	0	0	20	80
S3	0	0	0	60
E2	0	0	40	50

B- CALCUL DES BESOINS :

Il s'agit des besoins en :

- produits finis destinés à la vente,
- s/ensembles " " "
- pièces " " "
- s/ensembles destinés au montage
- pièces " " "
- matières destinées à l'usinage.

Les besoins s'obtiennent à partir de la nomenclature générale en tenant compte des différents décalages dus aux délais de fabrication des sous/ensembles et pièces.

Remarque :

Les besoins nets dérivent des besoins bruts qui proviennent du programme de production desquels on déduit les stocks (tenant compte des décalages).

Les besoins nets sont positionnés sur l'axe du temps contrairement aux besoins bruts qui sont exprimés globalement.

CALCUL DES BESOINS EN SOUS ENSEMBLES

	MOIS		
	J	F	M
BESOINS S1	0	700	800
VENTES S1	0	0	0
PROGRAMME S1	0	700	800

BESOINS S2	0	980	1220
VENTES S2	0	0	20
PROGRAMME S2	0	980	1240

BESOINS S3	0	200	250
VENTES S3	0	0	0
PROGRAMME S3	0	200	250

exp : $P1 * 3 + P2 * 2 + P3 * 0 = 300 + 400 = 700$

CALCUL DES BESOINS EN COMPOSANTS (PIECES)

	MOIS	
	J	F
BESOINS E1	2200	2840
VENTES E1	0	0
PROGRAMME E1	2200	2840

BESOINS E2	2660	3480
VENTES E2	0	0
PROGRAMME E2	2660	3480

BESOINS E3	7140	8680
VENTES E3	0	0
PROGRAMME E3	7140	8680

BESOINS E4	2960	3730
VENTES E4	0	0
PROGRAMME E4	2960	3730

$$\begin{aligned} \text{exp : } S1 * 2 + S3 * 4 &= 700 * 2 + 200 * 4 \\ &= 1400 + 800 = 2200 \end{aligned}$$

REMARQUE :

Le fait que le programme de vente de l'exemple est exprimé pour 4 mois, et que les décalages de montage et d'usinage sont de 1 mois, les besoins en sous ensembles portent sur une période de 3 mois et les besoins en composants sur 2 mois.

C- CALCUL DES CHARGES DES ATELIERS :

La charge des ateliers s'obtient à partir des besoins nets en utilisant les gammes d'usinage et de montage respectivement des pièces et sous/ensembles et des produits.

La charge s'exprime en heures de montage et d'usinage et est déterminée séparément pour les deux ateliers. Elle fait intervenir différentes catégories d'heures :

- heures normales,
- heures supplémentaires,
- heures de sous traitance.

PLANNING DE CHARGE DE L'ATELIER MONTAGE

	MOIS		
	J	F	M
CHARGE TOTALE	7060	14480	-
HR NORMALES	7060	14000	
HR SUPPLEMENTAIRES	0	480	
SURCHARGE	0	0	

exp : $S1 * 5 + S2 * 2 + S3 * 8 = 700*5 + 980*2 + 200*8$
 $= 3500 + 1960 + 1600$
 $= 7060$

BILAN ECONOMIQUE : Surcout des heures
supplémentaires 7200 DA

PLANNING DE CHARGE DE L'ATELIER USINAGE

MOIS

	J	F
CHARGES TOTALES	46430	-
HEURES NORMALES	30000	-
HR SUPPLEMENTAIRES	3000	-
S/TRAITANT	8000	-
SURCHARGE	5430	-

$$\begin{aligned} \text{exp : } E1*2 + E2*6 + E3*1 + E4*3 &= 2840*2 + 3480*6 + \\ &8680*1 + 3730*3 \\ &= 46430 \end{aligned}$$

BILAN ECONOMIQUE :

Surcout heures supplémentaires ... 60000 DA

Surcout s/traitant 240000 DA

Total 300000 DA

TOTAL GENERAL SURCOUT = 307200 DA

A N N E X E I I I

BAREME UAS PHYSIQUE ET VALORISE

BAREME VEHICULES (EN UAS)

FONCTION	VEHICULES K 66	K 120	M230	TB 260	TB 305	C 260 4X2	C 260 6X4	49 V8	100 V8
MECANIQUE	5687	7742	20350	7323	5504	7064	12664	9153	7920
EMBOUTISSAGE	2929	3074	8573	4570	4765	3831	4388	4606	901
MONTAGE CAMIONS	3743	4217	4591	7554	6193	8395	8831	5336	6439
MONTAGE AUTOBUS	569	546	415	1275	1336	826	826	66520	62476
FORGE	439	519	881	719	432	724	958	715	698
TOTAL	13367	16098	34810	21441	18230	20840	27667	86330	78434

BAREME VEHICULES (EN DINARS)

FONCTION	K 66	K 120	M230	TB 260	TB 305	C 260 4X2	C 260 6X4	49 V8	100 V8
MECANIQUE	18394	25716	68325	23309	18575	22575	42767	29784	24740
EMBOUTISSAGE	6744	7022	19292	9264	11967	8941	4388	4606	901
MONTAGE CAMIONS	7190	7945	8931	12397	13112	14685	8831	5336	6439
MONTAGE AUTOBUS	699	652	557	1957	1708	1207	826	66520	62476
FORGE	4270	4725	881	6605	3454	6243	958	715	698
TOTAL	37297	46060	97986	53532	48816	53651	57770	106961	95254

A N N E X E IV

FICHES PROGRAMME ET ENREGISTREMENTS
DES FICHIERS DE DONNEES

NOM : SIM

N° FICHE : 1/3

TYPE : PROGRAMME PRINCIPAL

DATE : FEV 1989

LANGAGE : FORTRAN 77

REVISION :

OBJET :

Ce programme principal contrôle l'exécution de la simulation, de l'optimisation et initialise les principaux tableaux de valeurs. Il ouvre tous les fichiers devant être utilisés lors de l'exécution des modules appelés.

INPUT ET OUTPUT :

NEANT

COMMON BLOCKD DATA :

/PR1/
/PR2/
/BUDG/
/ECRIT1/
/ECRIT2/
/ECRIT3/

FICHIERS EN LECTURE (avec le n° de l'unité):

PROD .DAT (Unit 1)
PIECE.DAT (Unit 2)
PRODT.DAT (Unit 14)

FICHIERS EN ECRITURE (avec le n° de canal):

PIECET.DAT (Unit 10)
PRODT .DAT (Unit 14)

NOM : SIM

N° FICHE : 2/3

DATE : FEV 1989

REVISION :

INTERFACE SOUS-PROGRAMME

APPELE PAR :

NEANT

APPELLE :

BUD
SIMPRO (FG, COEF, RHS, IPR)
SIMPIE (COEF.RHS,IPR)

EMARQUES

Ce programme principal introduit le plan de production et L'activité de départ.Ceux-ci sont lus a partir du fichier de données sur les produits (PROD.DAT).

Toutes les opérations de simulation ou d'optimisation seront réalisées sur des fichiers temporaires (PRODT.DAT et PIECET.DAT) pour éviter d'altérer des informations de base relatives aux nomenclatures des produits et aux données se rapportant aux pièces.

Ceci étant, les résultats de la simulation et des optimisations effectuées seront présentés à chaque itération jusqu'au moment ou l'utilisateur demande la sortie du module actif.

Lorsque la modification sur un élément est définitive, il sera nécessaire de mettre à jour le fichier correspondant au moyen de programmes de maintenance.

NOM : SIM

N° FICHE : 3/3

DATE : FEV 1989

REVISION :

DESCRIPTION DE LA LOGIQUE DU PROGRAMME

1) Crée deux (2) fichiers temporaires PRODT et PIECET de travail et calcul le Budget Devise initial relatif au plan de production inscrit dans PROD.DAT.

2) Il présente un menu de sélection sur les alternatives possibles de simulation :

- (1) Sur les produits
- (2) Sur les Pièces

Selon le choix :

- (1) apelle SIMPRO
- (2) " SIMPIE

NOM : SIMPRO

N° FICHE : 2/3

DATE : FEV 1989

REVISION :

INTERFACE SOUS-PROGRAMME

APPELE PAR :

SIM
SIMPIE

APPELLE :

BUD
OPTI

REMARQUES :

La variable FG est un indicateur permettant de différencier si l'on est en présence d'une simulation sur les Fournisseurs et Monnaies ou sur les quantités des produits à fabriquer (plan de production).

Si FG = 0 renvoie vers le Menu Produit

FG = 1 calcul du Budget devise et Optimise le plan de production résultant d'une modification de fournisseurs ou/et Monnaies d'une pièce donnée.

BUDLIB est une librairie contenant les différents liens (REQUESTs) entre les masques d'édition (FORMs), les enregistrements (RECORDs) et la nature des données au sein des fichiers ou issus du programme (résultats).

NOM : SIMPRO

N° FICHE : 3/3

DATE : FEV 1989

REVISION :

DESCRIPTION DE LA LOGIQUE DU PROGRAMME

Cas FG = 1 : Changement de Fournisseur et/ou Monnaie

- appelle BUD pour calculer le budget,
- transfert les résultats vers l'affichage,
- possibilité de modification,
- Choix de l'option "optimisation",
- appelle OPTI (prog d'optimisation).

Cas FG = 0 : Modification des quantités à fabriquer par produit

Choix :

- (1) - Simulation sur les Quantités à fabriquer par produit
- (2) - Fixation des Quantités à fabriquer de certains produits.

Cas (1) :

appelle BUD (calcul du budget) et affichage des résultats.

Call Ecrit (pour impression des résultats à l'imprimante.

Reittère jusqu'à la sortie du module.

N.B : la sortie est commandée à partir du Menu.

Cas (2) :

Menu de sélection des produits à fixer.

- saisie des Quantités fixées par produit,
- appelle BUD (calcul budget),
- affichage des résultats a l'écran,
- appelle ECRIT (enregistrement des résultats dans le fichier d'impression)
- appelle OPTI (optimisation)
- réittère jusqu'à la sortie

NOM : OPTI

N° FICHE : 1/3

TYPE : SUBROUTINE

DATE : FEV 1989

LANGAGE : FORTRAN 77

REVISION :

OBJET :

Le module réalisé d'optimisation du plan de production en tenant compte des quantités fixées et selon les sorties de priorités alloués aux objectifs. Cette optimisation peut résulter après soit une simulation sur les quantités à fabriquer (fixation) soit lors d'une modification sur le fournisseur et/ou la Monnaie d'une pièce.

FG : Indicateur FG = 0 si Four et/ou Monnaie modifiés
FG = 1 si Quant produits fixés

FLA : Indicateur voir (ECRIT)

COEF: Pondérations des objectifs dans la F. Obj.

RHS : Seconds Membres cibles

IPR : Priorités associés aux objectifs

COMMON BLOCK DATA :

/PR1/ /PR2/ /BUDG/ /ECRIT3/ /ECRIT1/

FICHIERS EN LECTURE (avec le N° de canal):

BUDLIB Librairie des REQUEST

FICHIERS EN ECRITURE (avec le N° de canal):

NEANT

NOM : OPTI

N° FICHE : 2/3

DATE : FEV 1989

REVISION :

INTERFACE SOUS-PROGRAMME

APPELE PAR :

SIMPRO

APPELLE :

BUD
ALT1
ALT2
ALT3
ALT4
ALT5
ALT6
PDO
ECRIT

REMARQUES :

Cette routine est spécialement conçue pour le programme SIMPRO qui l'utilise au sein d'une boucle de simulation pour deux cas :

- fixation des quantités des produits et
- modification des fournisseurs et/ou Monnaies/Pièces/produit.

BUDLIB est une librairie contenant les différents liens (REQUESTs) entre les masques d'édition (FORMs), les enregistrements (RECORDs) et la nature des données au sein des fichiers ou issus du programme (résultats).

NOM : OPTI

N° FICHE : 3/3

DATE : FEV 1989

REVISION :

DESCRIPTION DE LA LOGIQUE DU PROGRAMME

Cas FG = 1

changement fournisseur et/ou monnaie :

Menu

(1) Option 1

(2) Option 2

(3) Option 3

Nb/ L'ordre d'écriture étant l'ordre des priorités associées a chaque objectif.

- Appelle les routines de données pour l'optimisation :
ALT1, ALT2, ALT3, ALT4, ALT5, ALT6 correspondant à chaque option.
- Appelle le programme de calcul de l'optimum : PDO
- Calcul nouveau budget
- Imprime résultats
- affiche les résultats synthétiques de la simulation.

Cas FG = 0

Idem que fixation des Quantités par produits.

NOM : BUD
TYPE : SUBROUTINE
LANGAGE : FORTRAN 77

N° FICHE : 1/3
DATE : FEV 1989
REVISION :

OBJET :

Calcul le budget devise relatif à un plan de production donné. Le plan en question est enregistré dans le fichier PRODT.DAT.

INPUT ET OUTPUT :

NEANT

COMMON BLOCKD DATA :

/PR1/
/PR2/
/BUDG/

FICHIERS EN LECTURE (avec le N° de canal) :

PIECET.DAT	UNIT	10
PRODT.DAT	UNIT	14
PRIOR.DAT	UNIT	8
FOUR.DAT	UNIT	3
MON.DAT	UNIT	4

FICHIERS EN ECRITURE (avec le N° de canal) :

NEANT

NOM : SUD

N° FICHE : 2/3

DATE : FEV 1989

REVISION :

INTERFACE SOUS-PROGRAMME

APPELE PAR :

SIM Prog.principal
SIMPRO
SIMPIE
OPTI

APPELLE :

NEANT

REMARQUES :

N° FICHE : 2/3

DATE : FEV 1989

Les résultats sur le budget sont consignés dans les tables suivantes :

	INTERFACE SOUS-PROGRAMME		
BPRO	:	Budget	pour type de produit
BPIC	:	"	" " de pièce
BF	:	"	" " de fournisseur
BM	:	"	" " de monnaie
BPAY	:	"	" " de pays
TOT	:	Budget total	devise pour le Plan de Prod.

Les résultats sur l'activité horaire globale sont consignés dans la variable AT.

OPTI

APPELE :

NEANT

REMARQUES :

N° FICHE : 2/2

DATE : FEV 1989

NOM : BUD

N° FICHE : 3/3

DATE : FEV 1989

REVISION :

DESCRIPTION DE LA LOGIQUE DU PROGRAMME

(1) changement des données :

- quantités à produire
- nomenclature des produits
- données sur les Fournisseurs retenus et monnaies correspondantes.

(2) Initialisation des tableaux

(3) Calcul du budget par produits :

- . Selon les pièces
- les fournisseurs
- les monnaies
- les pays

(4) Calcul de l'activité horaire globale.

RETOUR.

NOM : SIMPIE N° FICHE : 1/3
TYPE : SUBROUTINE DATE : FEV 1989
LANGAGE : FORTRAN 77 REVISION :

OBJET :

Réalise la simulation sur les paramètres relatifs aux pièces et optimise le plan de production sur la base de la perturbation enregistrée.

INPUT ET OUTPUT :

COEF : Pondérations associées à chaque obj.(modifiable)
RHS : Seconds membres cibles associés aux objectifs (mod)
IPR : Priorités associés aux objectifs (modifiable)

COMMON BLOCKD DATA :

/PR1/
/PR2/
/BUDG/
/ECRIT1/
/ECRIT2/
/ECRIT3/
/ECRIT/

FICHIERS EN LECTURE (avec le N° de canal) :

PIECET.DAT Unit 10
FOUR.DAT Unit 3
MON.DAT Unit 4

FICHIERS EN ECRITURE (avec le N° de canal) :

PIECET.DAT Unit 10
BUDLIB Librairie des REQUESTs

NOM : SIMPIE

N° FICHE : 2/3

DATE : FEV 1989

REVISION :

INTERFACE SOUS-PROGRAMME

APPELE PAR :

SIM.FOR Prog.principal

APPELLE :

BUD
ALT1
ALT2
ALT3
ALT4
ALT5
ALT6
PDO
ECRIT
IMPI
IMPFO
IMPMO
MODFOUR
SIMPRO

REMARQUES :

BUDLIB est une librairie contenant les différents liens (REQUESTs) entre les masques d'édition (FORMs), les enregistrements (RECORDs) et la nature des données au sein des fichiers ou issus du programme (résultats).

NOM : SIMPIE

N° FICHE : 3/3

DATE : FEV 1989

REVISION :

DESCRIPTION DE LA LOGIQUE DU PROGRAMME

Choix des alternatives de simulation :

- Variation des prix des pièces
- Changement du fournisseur ou/et monnais par pièce/produit.

(1) Variation des prix des pièces :

- Choix de l'option simulation seulement
- ou simulation + optimisation.

Cas optimisation

- Choix de l'option d'optimisation

- 1) Option 1
- 2) Option 2
- 3) Option 3

- Calcul budget
- transfert données vers prog. optimisation (ALTI)
- optimisation : call PDO
- Choix du code de la pièce à modifier
- Affichages résultats de la simulation + optimisation.
- Répétition sur la meme pièce ou une autre pièce.

Cas simulation :

- Calcul budget
- Transfert données pour affichage
- répétition sur une meme pièce ou une autre pièce

Demande d'impression :

- sur écran
- sur imprimante

Budget par produit selon les fournisseurs, les Monnais, les pièces, les pays.

NOM : ALT1,ALT2,ALT3,ALT4,ALT5,ALT6 N° FICHE : 1/3

TYPE : SUBROUTINES

DATE : FEV 1989

LANGAGE : FORTRAN 77

REVISION :

OBJET :

ALT1, ALT2, ALT3, ALT4, ALT5, ALT6, représentent des routines ayant le meme objectif de transcription des données au programme d'optimisation PDO. Elle représentent les trois alternatives d'optimisation basées sur les paramètres produits et les trois alternatives basées sur les paramètres pièces.

INPUT ET OUTPUT :

PR : Plan de production
BPRO : Budget devise par produit
NH : Volume horaire par produit
IMPR : Impact budgetaire par produit

FLAG : Indicateur de fixation des Q/Pr
Coef : Pondérations sur les objectifs
RHS : Seconds membres cibles objectifs
IPR : Priorités des objectifs.

COMMON BLOCKD DATA :

NEANT

FICHIERS EN LECTURE (avec le N° de canal) :

FICHIERS EN ECRITURE (avec le N° de canal) :

DAT.DAT

Unit 11

NOM : ALT1 ALT2 ALT3
ALT4 ALT5 ALT6

N° FICHE : 2/3

DATE : FEV 1989

REVISION :

INTERFACE SOUS-PROGRAMME

APPELE PAR :

SIMPIE
OPTI

APPELLE :

MODPAR

REMARQUES :

Ces routines sont appelées une à la fois selon le cas considéré.

Elles sont enregistrées sous forme de fichier unique :
ALT.FOR.

NOM : ALT1,ALT2,ALT3
ALT4,ALT5,ALT6

N° FICHE : 3/3
DATE : FEV 1989
REVISION :

DESCRIPTION DE LA LOGIQUE DU PROGRAMME

La description suivante est identique à toutes les routines ALT_i.

(1) Initialisation de :

RG : Priorités
SIGN : signes des déviations
RV : rangs des variables au niveau des lignes du PL.
COEF : coef des variables
NVPR : nombre de variables
IPR : rangs des priorités associées à chaque objectif
NV : numéros des variables (indice)

Si la modification des paramètres est demandée les routines appellent le programme MODPAR.

Ecriture des lignes de données dans le fichier DAT.DAT selon un format précis exigé par la routine PDO.

NOM : MODPAR N° FICHE : 1/3
TYPE : SUBROUTINE DATE : FEV 1989
LANGAGE : FORTRAN 77 REVISION :

OBJET :

Prend en charge les modifications
des paramètres d'optimisation tels
que :

- . Les priorités associées aux objectifs
- . Les Coef de pondération associés aux objectifs
- . La valeur des seconds membres cibles associés aux objectifs.

INPUT ET OUTPUT :

NBPR : Nombre total de priorités utilisés dans le PDO
COEF : Coef de pondérations des objectifs
RHS : Seconds membres cibles associés aux objectifs
IPR : Priorités des différents objectifs.

COMMON BLOCKD DATA :

NEANT

FICHIERS EN LECTURE (avec le N° de canal) :

NEANT

FICHIERS EN ECRITURE (avec le N° de canal) :

NEANT

NOM : MODPAR

N° FICHE : 2/3

DATE : FEV 1989

REVISION :

INTERFACE SOUS-PROGRAMME

APPELE PAR :

ALT1
ALT2
ALT3
ALT4
ALT5
ALT6

APPELLE :

NEANT

REMARQUES :

NOM : MODPAR

N° FICHE : 3/3

DATE : FEV 1989

REVISION :

DESCRIPTION DE LA LOGIQUE DU PROGRAMME

(1) Choix de la modification à opérer

- . le nombre et l'ordre des priorités
- . les coefficients de pondérations
- . le seconds membres cibles.

Pour chaque cas :

- . affichage de l'état initial des variables
- . saisie des nouvelles valeurs.

NOM : ECRIT

N° FICHE : 1/3

TYPE : SUBROUTINE

DATE : FEV 1989

LANGAGE : FORTRAN 77

REVISION :

OBJET :

Cette routine permet l'enregistrement des résultats de la simulation et de l'optimisation dans un fichier destiné à l'impression.

INPUT ET OUTPUT :

FLA : Indicateur

- . 10 Sim sur les produits sans optimisation
- . 11 Sim sur les produits avec fixation des Qts sans opti
- . 12 Sim sur les produits +fixation+ optimisation.
- . 20 Sim sur les pièces sans opti.
- . 21 " " " " avec opti.
- . 30 Sim sur les Four et/ou Mon sans optimisation
- . 31 Sim sur les Four et/ou Mon avec optimisation

COMMON BLOKD DATA :

/PR1/
/ECRIT1/
/ECRIT2/
/ECRIT5/
/ECRIT3/

FICHIERS EN LECTURE (avec le N° de canal) :

NEANT

FICHIERS EN ECRITURE (avec le N° de canal) :

RESULTAT.DAT

Unit 18

NOM : ECRIT

N° FICHE : 2/3

DATE : FEV 1989

REVISION :

INTERFACE SOUS-PROGRAMME

APPELE PAR :

SIMPIE
OPTI

APPELLE :

NEANT

REMARQUES :

NOM : ECRIT

N° FICHE : 3/3

DATE : FEV 1989

REVISION :

DESCRIPTION DE LA LOGIQUE DU PROGRAMME

Selon la valeur de FLA, La routine transcrit devant le code du produit une indication

FLAG (I) : Indique si le produit i est fixé (1 ou 0).

		Transcription

Cas FLA = 10	FLAG (I) = 1 ou 0	Rien
FLA = 11	FLAG (I) = 1	F
	" = 0	Rien
FAL = 12	FLAG (I) = 1	*F
	= 0	*
Cas FLA = 20	FLAG (I) = 1	F
	= 0	Rien
FLA = 21	FLAG (I) = A	*F
	= 0	*
Cas FLA = 30	FLAG (I) = 1	F
	= 0	Rien
FLA = 31	FLAG (I) = 1	*F
	= 0	*

NOM : LECT

N° FICHE : 1/3

TYPE : PROGRAMME

DATE : FEV 1989

LANGAGE : FORTRAN 77

REVIDION :

OBJET :

Programme de consultation des caractéristiques techniques des produits et des pièces.

INPUT ET OUTPUT :

NEANT

COMMON BLOCKD DATA :

NEANT

FICHIERS EN LECTURE (avec le N° de canal) :

NEANT

FICHIERS EN ECRITURE (avec le N° de canal) :

NEANT

NOM : LECT

N° FICHE : 2/3

DATE : FEV 1989

REVISION :

INTERFACE SOUS-PROGRAMME

APPELE PAR :
NEANT

APPELLE :

PRODUIT
PIECE
FOUR
MON
PAYS

REMARQUES :

Les routines appellées correspondent chacune à un fichier de données.

NOM : PRODUIT, PIECE,
FOUR, MON, PAYS.

N° FICHE : 1/3

TYPE : SUBOUTINE

DATE :

LANGAGE : FORTRAN 77

REVISION :

OBJET :

Routines de consultation des fichiers relatifs
respectivement aux :

- produits
- pièces
- fournisseurs
- monnaies
- pays

INPUT ET OUTPUT :

NEANT

COMMON BLOCKD DATA :

NEANT

FICHIERS EN LECTURE (avec le N° de canal) :

PROD.DAT	Unit 1
PIECE.DAT	2
FOUR.DAT	3
MON.DAT	4
PAYS.DAT	5

FICHIERS EN ECRITURE (avec le N° de canal) :

PROD .DAT	Unit 1
PIECE.DAT	2
FOUR .DAT	3
MON .DAT	4
PAYS .DAT	5

NOM : PRODUIT,PIECE,FOUR,
MON,PAYS

N° FICHE : 2/3

DATE : FEV 1989

REVISION :

INTERFACE SOUS-PROGRAMME

APPELE PAR :

LECT

APPELLE :

NEANT

REMARQUES :

NOM : PRODUIT,PIECE,FOUR,
MON,PAYS

N° FICHE : 3/3

DATE : FEV 1989

REVISION :

DESCRIPTION DE LA LOGIQUE DU PROGRAMME

Les routines permettent la consultation des différents fichiers de données et affichent les données à l'écran selon les liens existants entre d'une part les pièces et les fournisseurs, monnaies et pays d'autre part.

NOM : PDO

N° FICHE : 1/3

TYPE : SOUBROUTINE

DATE : FEV 1989

LANGAGE : FORTRAN 77

REVISION :

OBJET :

Résoud les programmes
linéaires multi-objectifs
par la méthode du simplexe
adaptée a la PDO.

INPUT ET OUTPUT :

N : Nombre de ligne du PL (nombre
de contraintes)
CVAR : Valeur de la variable de
décision à l'optimum,
NUVAR : N° de variables de décision à
l'optimum (code des produits).

COMMON BLOCKD DATA :

NEANT

FICHIERS EN LECTURE (avec le N° de canal) :

DAT.DAT Unit 11

FICHIERS EN ECRITURE (avec le N° de canal) :

IMP.DAT Unit 9

NOM : PDG

N° FICHE : 2/3

DATE : FEV 1989

REVISION :

INTERFACE SOUS-PROGRAMME

APPELE PAR :

SIMPIE
OPTI

APPELLE :

DEBUT
FIN

REMARQUES :

La méthode de résolution des programmes linéaires multi-objectifs par la méthode du simplexe utilisée dans cette routine de base sur le principe suivant :

- (1) considérer l'objectif ayant la priorité la plus élevée,
- (2) Résoudre le PL par le simplexe
- (3) Introduit les nouvelles contraintes sur les nouvelles limites sur les variables de décision.
Réitère le procesus avec la priorité suivante inférieure et ce jusqu'a épuisement des objectifs.

NOM : FDO

N° FICHE : 3/3

DATE : FEV 1989

REVISION :

DESCRIPTION DE LA LOGIQUE DU PROGRAMME

- (1) Appelle DEBUT pour l'entrée des données contenues dans DAT.DAT pour la résolution du PL.
- (2) Résoud le PL par le simplexe pour la priorité la plus élevée.
- (3) Passé à la priorité suivante
- (4) Va en (2) pour résoudre le nouveau P.L

Ces itérations se terminent lorsqu'il n'y a plus de priorité à traiter.

- (5) Ecrit les résultats de l'optimisation dans IMP.DAT.
- (6) Appelle la routine FIN pour l'analyse des déviations et de la fonction objective.

NOM : PRIOR N° FICHE : 1/3
TYPE : PROGRAMME DATE : FEV 1989
LANGAGE : FORTRAN REVISION :

OBJET :

Permet la création du
fichier PRIOR.DAT
contenant le Fournisseur
retenu pour chaque pièce
et produit ainsi que les
codes de monnaies
correspondants.

INPUT ET OUTPUT :

NEANT

COMMON BLOCKD DATA :

NEANT

FICHIERS EN LECTURE (avec le N° de canal) :

PROD.DAT	Unit 1
PIECE.DAT	Unit 2
FOUR.DAT	Unit 3
MON.DAT	Unit 4
PAYS.DAT	Unit 7

FICHIERS EN ECRITURE (avec le N° de canal) :

PRIOR.DAT	Unit 8
-----------	--------

NOM : PROR

N° FICHE : 2/3

DATE : FEV 1989

REVISION :

INTERFACE SOUS-PROGRAMME

APPELE PAR :

NEANT

APPELLE :

NEANT

REMARQUES :

NOM : PRIOR

N° FICHE : 3/3

DATE : FEV 1989

RÉVISION :

DESCRIPTION DE LA LOGIQUE DU PROGRAMME

Pour chaque produit

Pour chaque pièce

Saisie du Fournisseur

Saisie de la Monnaies

Ecrit dans PRIOR.DAT. l'enregistrement.

Avant chaque saisie, le Prog. Affiche :

- Le nombre de pièces entrants de la nomenclature du produit.
- pour chaque pièce sélectionnées, affichage des fournisseurs susceptibles de la livrer .
- pour chaque fournisseur sélectionnés affichage des monnaies d'échanges proposées ainsi que le pays d'origine.

NOM : MAINT N° FICHE : 1/3
TYPE : PROGRAMME PRINCIPAL DATE : FEV 1989
LANGAGE : FORTRAN 77 REVISION :

OBJET :

Programme de maintenance des différents fichiers de données sur les caractéristiques techniques des :

- Produits (véhicules),
- Pièces importées pour la fabrication,
- Fournisseurs relatifs aux pièces importées,
- Monnaies d'échange prévues dans les contrats d'achat,
- Pays d'origine correspondants aux fournisseurs.

INPUT ET OUTPUT :

NEANT

COMMON BLOCK DATA :

NEANT

FICHIERS EN LECTURE (avec le N° de canal) :

NEANT

FICHIERS EN ECRITURE (avec le N° de canal) :

NEANT

NOM : MAINT

N° FICHE : 2/3

DATE : FEV 1989

REVISION :

INTERFACE SOUS-PROGRAMME

APPELE PAR :

NEANT

APPELLE :

MAINTLIB
PROD
PIECE
FOUR
MON
PAYS

REMARQUES :

Les sous-programme appelés par MAINT correspondent aux différents paramètres énumérés dans l'objet.

MAINTLIB est une librairie contenant les liens entre les formes des masques d'édition, les enregistrements et la nature des données au sein des fichiers. Cette librairie est structurés en modules selon les fichiers énoncés.

NOM : MAINT

N° FICHE : 3/3

DATE : FEV 1989

REVISION :

DESCRIPTION DE LA LOGIQUE DU PROGRAMME

(1) Affiche un menu de selection selon que l'on désire mettre à jour l'un des fichiers suivant :

- PROD.DAT ----->	PRODUITS
- PIECE.DAT ----->	PIECES
- FOUR.DAT ----->	FOURNISSEURS
- MON.DAT ----->	MONNAIES
- PAYS.DAT ----->	PAYS

La mise à jour consiste à :

- Ajouter un article au fichier,
- Afficher un article,
- Modifier un article,
- Supprimer un article.

La clef de recherche des enregistrements est le code associé à chaque paramètre énoncé.

Selon le choix fait par l'utilisateur, le programme appelle le sous-programme concerné.

NOM : PROD,PIECE,FOUR,MON,PAYS N° FICHE : 1/3
TYPE : SUBROUTINE DATE : FEV 1989
LANGAGE : FORTRAN 77 REVISION :

OBJET :

Ces routines se charge de la mise à jour des fichiers de données respectifs :

- PROD.DAT --->Produits (véhicules),
- PIECE.DAT --->Pièces importées pour la fabrication,
- FOUR.DAT ---->Fournisseurs relatifs aux pièces importées,
- MON.DAT ----->Monnaies d'échange prévues dans les contrats d'achat,
- PAYS.DAT ---->Pays d'origine correspondants aux fournisseurs.

INPUT ET OUTPUT :

NEANT

COMMON BLOCKD DATA :

NEANT

FICHIERS EN LECTURE (avec le N° de canal) :
RESPECTIVEMENT POUR CHAQUE ROUTINE :

PROD.DAT	Unit 1
PIECE.DAT	" "
FOUR.DAT	" "
MON.DAT	" "
PAYS.DAT	" "

FICHIERS EN ECRITURE (avec le N° de canal) :
RESPECTIVEMENT POUR CHAQUE ROUTINE :

PROD.DAT	Unit 1
PIECE.DAT	" "
FOUR.DAT	" "
MON.DAT	" "
PAYS.DAT	" "

NOM : PROD,PIECE,FOUR,MON,PAYS

N° FICHE : 2/3

DATE : FEV 1989

REVISION :

INTERFACE SOUS-PROGRAMME

APPELE FAR :

MAINT

APPELLE :

NEANT

REMARQUES :

Chaque routine est chargée de la maintenance d'un des fichiers de données énumérés.

Ces fichiers constituent une base de données renfermant les caractéristiques techniques des paramètres de simulations relatifs aux produits fabriqués et aux pièces importées.

Ils contiennent aussi la nomenclature simplifiée des produits et le plan de production de départ.

DESCRIPTION DE LA LOGIQUE DU PROGRAMME

(1) Affiche un menu de selection pour le choix de l'option de mise à jour désirée :

- Ajouter un article au fichier,
- Afficher un article,
- Modifier un article,
- Supprimer un article.

La clef de recherche des enregistrement est le code associé à chaque paramètre énoncé.

Selon le choix fait par l'utilisateur, le sous-programme exécute la fonction d'appel du masque d'édition correspondant à l'option choisie.

L'appel du masque d'édition se fait après différents contrôles sur la cle de recherche (code) et portant sur :

- l'existence de l'enregistrement recherché,
- la disponibilité de l'enregistrement demandé,
- l'unicité de la cle en cas d'ajout d'enregistrement,
- différents autres controles sur l'ouverture et la fermeture des fichiers

L'édition des masque s'établit avec les REQUEST dont le role est d'établir les liens entre les données du fichier (DATAs), le dessin d'enregistrement (RECORDs) et la nature des champs d'affichage (FORMs).

Les FORMs (masques), les REQUESTs et les RECORDs sont enregistrés dans une librairie MAINTLIB appelées par le programme principal MAINT .

NOM : MODFOUR

N° FICHE : 1/3

TYPE : SUBROUTINE

DATE : FEV 1989

LANGAGE : FORTRAN 77

REVISION :

OBJET :

Permet le changement du fournisseur et éventuellement de la monnaie pour une pièce donnée rentrant dans la fabrication d'un véhicule.

INPUT ET OUTPUT

NEANT

COMMON BLOCK DATA

NEANT

FICHER EN LECTURE

FRIOR.DAT	UNIT 8
PROD.DAT	UNIT 1
PIECE.DAT	UNIT 2
FOUR.DAT	UNIT 3
MON.DAT	UNIT 4
PAYS.DAT	UNIT 7

FICHER EN ECRITURE

PRIOR.DAT	UNIT 8
-----------	--------

NOM : MODFOUR

N° FICHE : 2/3

DATE : FEV 1989

REVISION :

APPELE PAR :

SIMPLE.FOR

APPELLE :

NEANT

REMARQUE :

NOM : MODFOUR

N° FICHE : 3/3

DATE : FEV 1989

REVISION :

DESCRIPTION DE LA LOGIQUE DU PROGRAMME

1) Choix du produit :

le menu de saisie du code du produit à modifier s'affiche.

2) Choix de la pièce à modifier :

affichage des fournisseurs et des monnaies associés à la pièce.

3) Saisie du nouveau code fournisseur et éventuellement de la nouvelle monnaie correspondant à la pièce choisie et au produit sélectionné.

4) Réécriture sur PRIOR.DAT.

FICHIERS DE DONNEES

FICHER SUR LES PRODUITS : PROD.DAT

ITEM	DESCRIPTION
1 CODPRO	CODE DU PRODUIT (INTEGER*2)
2 DESIGNPR	DESIGNATION DU PRODUIT (30 CARACTERES)
3 TINT	TAUX D'INTEGRATION (REAL*4)
4 QP	QUANTITE PROGRAMME DE PRODUCTION (INTEGER*2)
5 NPI	NOMBRE DE PIECES (INTEGER*2)
6 CODPI(40)	CODE DES PIECES (INTEGER*2)
7 QTE(40)	QUANTITE DE CHAQUE PIECE (INTEGER*2)

 FICHER DES PIECES : PIECE.DAT

ITEM	DESCRIPTION
STRUCTURE TCARPI	TABLEAU DES CARACTERISTIQUES DES PIECES
1 CODP	CODE DE LA PIECE (INTEGER*2)
2 DESIGNPI	DESIGNATION DE LA PICE (30 CARACTERES)
3 CLASSE	CLASSE DE LA PIECE (A, B ET C) (1 CARACTERE)
4 PRNAT	PRODUCTION NATIONALE (INTEGER*2)
5 NF	NOMBRE DE FOURNISSEURS (INTEGER*2)
STRUCTURE TPRIX(5)	TABLEAU DES PRIX PAR FOURNISSEUR
1 CODMON	CODE DE LA MONNAIE (INTEGER*2)
2 PRIXP	PRIX DE LA PIECE DANS LA MONNAIE
STRUCTURE PIECE	ENREGISTREMENT POUR UN PIECE
1 TCARPI	TABLEAU DES CARACTERISTIQUES
2 STRUCTURE TAB(4)	TABLEAU DES PRIX PAR PIECE
1 CODFO	CODE FOURNISSEUR (INTEGER*2)
2 TPRIX(5)	TABLEAU DES PRIX PAR FOURNISSEUR ET PAR MONNAIE

FICHER DES FOURNISSEURS : FOUR.DAT

ITEM	DESCRIPTION
1 CODF	CODE FOURNISSEUR (INTEGER*2)
2 DESIGNF	DESIGNATION DU FOURNISSEUR (30 CARACTERES)
3 CODFA	CODE PAYS D'ORIGINE (INTEGER*2)
4 NM	NOMBRE DE MONNAIES (INTEGER*2)
5 CODMO(4)	CODE DES MONNAIES (INTEGER*2)

FICHER DES MONNAIES : MÔN.DAT

ITEM	DESCRIPTION
1 CODM	CODE DE LA MONNAIE (INTEGER*2)
2 DESIGNM	DESIGNATION DE LA MONNAIE (30 CARACTERES)
3 TAUC	TAUX DE CHANGE DE LA MONNAIES (REAL*4)

FICHIER DES PAYS : PAYS.DAT

ITEM	DESCRIPTION
1 CODPAY	CODE DU PAYS (INTEGER*2)
2 DESIGNPAY	DESIGNATION DU PAYS (30 CARACTERES)

FICHER DES FOURNISSEURS ET MONNAIES RETENUS :
PRIOR.DAT

ITEM	DESCRIPTION
1 STRUCTURE PRIO(40)	TABLEAU DES FOURNISSEURS RETENUS PAR PIECE.
1 CODPI	CODE DE LA PIECE (INTEGER*2)
2 CODFO	CODE DU FOURNISSEUR RETENU POUR LA PIECE(INTEGER*2)
3 COMO	CODE DE LA MONNAIE RETENUE POUR LA PIECE (INTEGER*2)
2 STRUCTURE PRIOR	TABLEAU DES FOURNISSEURS RETENUS PAR PRODUIT
1 CODPRO	CODE DU PRODUIT (INTEGER*2)
2 PRIO(40)	TABLEAU DES FOURNISSEURS RETENUS POUR CHAQUE PIECE.

A N N E X E V

MENUS ET ECRANS DE RESULTATS

QUE 00
MODELES DE SIMULATION SUR LE BUDGET
DEVISE ET D'OPTIMISATION
PLAN DE PRODUCTION

VOUS AVEZ LA POSSIBILITE DE SIMULER SUR LES PRODUITS OU SUR LES PIECES.
LES OPTIONS D'OPTIMISATION SERONT PROPRES A CHAQUE CAS

MENU PRINCIPAL

- 1 SIMULATION SUR LES PRODUITS (VEHICULES)
- 2 SIMULATION SUR LES PIECES (SOUS/ENSEMBLES)
- 3 MAINTENANCE DES FICHIERS
- 4 FIN DU TRAITEMENT

FAITES VOTRE CHOIX :

MENU PRODUITS

VOUS AVEZ LA POSSIBILITE DE SIMULER SUR LES PRODUITS
COMPOSANTS LE PLAN DE PRODUCTION SELON LES OPTIONS SUIVANTES :

- 1) VARIATIONS DES QUANTITES DE PRODUCTION PAR PRODUIT
- 2) FIXATION DES CERTAINS PRODUITS

TAPER SUR <RETURN> POUR RETOUR AU MENU PRINCIPAL

FAITES VOTRE CHOIX :1

RESULTATS DE LA DERNIERE SIMULATION

MULATION PORTANT SUR : LA VARIATION DES QUANTITES PAR PRODUITS

BUDGET TOTAL :	3478,32	ACTIVITE TOTALE:	1240,00
IMPACT BUDGET:	, 0	IMPACT ACTIVITE:	, 0

PROGRAMME DE PRODUCTION					ACTIVITE HORAIRE		
CODE PRODUIT	QUANTITE PRODUIT	COUT DEVISE PAR PRODUIT	MONTANT DEVISE	%	NB HRS/ PRODUIT	MONTANT ACTIVITE	%
01	6,00	148,90	893,40	25,68	50	300,00	24,19
02	2,00	174,46	348,92	10,03	100	200,00	16,12
03	8,00	262,40	2099,20	60,35	75	600,00	48,38
04	2,00	68,40	136,80	3,93	70	140,00	11,29

POUR CONSULTER TOUS LES PRODUITS TAPEZ SUR <FLECHE HAUT> OU <FLECHE BAS>
 POUR SORTIR TAPEZ <RETURN> PUIS 0 EN FACE DE SORTIE.

LE FAIT DE FIXER LES QUANTITES A FABRIQUER POUR CERTAINS OU POUR TOUS LES PRODUITS PERMET DE PRENDRE EN COMPTE DES CONTRAINTES SPECIFIQUES A L'UNITE ET AUSSI DE PRENDRE EN CHARGE LES PROBLEMES LIES AU MARCHE DES VEHICULES INDUSTRIELS. LORSQU'ON FIXE LA QUANTITE A FABRIQUER D'UN PRODUIT, CELUI-CI SERA EXCLU DE L'OPTIMISATION DU PLAN DE PRODUCTION ET LE BUDGET DEVISE CONSEQUENT SERA CALCULE EN FONCTION DES QUANTITES IMPOSEES.

POUR REALISER CETTE ALTERNATIVE IL SERA NECESSAIRE D'INDIQUER LE OU LES PRODUITS A FIXER, LE SYSTEME SE CHARGERA ALORS DE FOURNIR L'IMPACT BUDGETAIRE RESULTANT ET DEDUIRA UNE OPTIMISATION SUR LES AUTRES PRODUITS.

TAPEZ 1 POUR LES PRODUITS A FIXER OU <RETURN> DANS LE CAS CONTRAIRE.

CODE PRODUIT 101 :1
ENTRER LA QUANTITE (FIXE):10
CODE PRODUIT 102 :
CODE PRODUIT 103 :

OPTIMISATION DU PLAN DE PRODUCTION

Ce module réalise l'optimisation du plan de production de l'unité en tenant compte des quantités fixées et surtout selon un ordre de priorité accordé à chaque objectif.

L'utilisateur peut procéder à l'optimisation ou calculer seulement l'impact budgétaire (cout) et d'activité des variations qu'il aura introduit.

OPTIONS D'OPTIMISATION

Il existe 3 possibilités d'optimisation :

- 1) ACTIVITE MAX + BUDGET LIMITE SOUS CONTRAINTES
- 2) MIN BUDGET + MAXI ACTIVITE SOUS CONTRAINTES
- 3) BUDGET LIMITE S/CONTRAINTES + ACTIVITE MAX

TAPER <RETURN> POUR RETOUR MENU PRODUITS

FAITES VOTRE CHOIX :

MENU PIECES

VOUS AVEZ LA POSSIBILITE DE SIMULER SUR LES PARAMETRES
DES PIECES SELON LES OPTIONS SUIVANTES :

- 1) VARIATION DES PRIX DES PIECES
- 2) CHANGEMENT DE FOURNISSEUR ET MONNAIE PAR PIECE
- 3) CHANGEMENT DE PIECES PAR PRODUIT

TAPER <RETURN> POUR RETOUR AU MENU PRINCIPAL

FAITES VOTRE CHOIX :1

OPTIMISATION DU PLAN DE PRODUCTION

Ce module réalise l'optimisation du plan de production
de l'unité en tenant compte des variations des prix
des pièces et surtout selon un ordre de priorité
accordé à chaque objectif.

L'utilisateur peut procéder à l'optimisation ou calculer
seulement l'impact budgétaire (coût) et d'activité des
variations qu'il aura introduit.

VOULEZ-VOUS OPTIMISER ? (O/N) :0

OPTIONS D'OPTIMISATION :

- 1) MINIMISATION IMPACT + MAXIMISATION ACTIVITE
- 2) MAXIMISATION ACTIVITE + BUDGET LIMITE
- 3) MINIMISATION IMPACT + ACTIVITE LIBRE

TAPER <RETURN> POUR RETOUR MENU PRODUITS

FAITES VOTRE CHOIX :1

CETTE ALTERNATIVE DU MODELE VOUS PERMET DE SIMULER
 SUR LES PRIX D'ACHAT DES PIECES ACQUISES AUPRES
 DES DIFFERENTS FOURNISSEURS.

POUR CELA VOUS DEVEZ D'ABORD ENTRER LE CODE DE LA
 PIECE OBJET DE LA VARIATION. ENSUITE UN MASQUE DE
 SAISIE S'AFFICHERA POUR VOUS PERMETTRE L'ENTREE DU
 PRIX DE LA PIECE QUI DOIT ETRE EXPRIME DANS LA
 MONNAIE D'ECHANGE DU FOURNISSEUR.

LE MODELE SE CHARGE DE CONVERTIR LE PRIX EN DINARS
 EN FONCTION DU TAUX DE CHANGE CORRESPONDANT.

TAPEZ <RETURN> POUR RETOUR AU MENU PIECES

CODE DE LA PIECE OBJET DE LA VARIATION : 201

RESULTAT DE LA SIMULATION SUR LES PRIX DES PIECES

BUDGET TOTAL :	7497,28	ACTIVITE TOTALE:	4500,00
IMPACT BUDGET:	2846,82	IMPACT ACTIVITE:	3260,00

PLAN DE PRODUCTION GLOBAL

PRODUIT : 101	102	103	104	105	106	107	108	109	110
QUANTITE: 10,0	20,0	2,0	26,4	,	,	,	,	,	,

TABLEAU DES PRIX PIECES		CODE MONNAIES			
		401	402	403	
CODE FOURN.	TAUX CHANGE	5,20	,90	10,50	,
301		8,00	,	,	,
		,	,	,	,
		,	,	,	,
		,	,	,	,
		,	,	,	,

ON PEUT MODIFIER TROIS PARAMETRES :

1) LE NOMBRE DE PRIORITES ASSOCIEES AUX OBJECTIFS
AINSI QUE L'ORDRE DES OBJECTIFS

2) LES COEFFICIENTS DE PONDERATIONS ASSOCIEES AUX
OBJECTIFS

3) LES VALEURS CIBLES ASSOCIEES A CHAQUE OBJECTIF

4) SORTIE

FAITES VOTRE CHOIX :

MODIFICATIONS DES PRIORITES ASSOCIEES OBJECTIFS

LE NB DE PRIORITE EST ACTUELLEMENT EGAL A 4

ENTRER LE NOMBRE DE PRIORITES SI VOUS VOULEZ LE MODIFIER
SINON TAPEZ <RETURN> :4

ENTRER LE RANG DE LA PRIORITE CORRESPONDANT
A CHAQUE DEVIATION :

<u>NUMERO DEVIATION</u>	<u>RANG</u>	<u>INITIAL</u>	<u>NOUVEAU RANG</u>
1		1	
2		3	
3		2	

MODIFICATIONS DES PONDERATIONS ASSOCIEES OBJECTIFS

ENTRER LE COEFFICIENT DE PONDERATION ASSOCIE
A CHAQUE DEVIATION :

NUMERO DEVIATION	COEF INITIAL	NOUVEAU COEF
1	1.00	
2	1.00	
3	1.00	
4	1.00	
5	1.00	

MODIFICATIONS DU SECOND MEMBRE ASSOCIE AUX OBJECTIFS

ENTRER LE SECOND MEMBRE ASSOCIE A CHAQUE LIGNE DU GP :

NUMERO DEVIATION	VALEUR INITIALE	NOUVELLE VALEUR
1	100.00	
2	5000.00	
3	900.00	
4	10.00	

BUDGET = 7497.29 IMPACT= 0.00 ACTIVITE: 4500.00
1= 10.0 QP2= 20.0 QP3= 2.0 QP4= 26.4

VOUS POUVEZ EDITER LE DETAIL DU BUDGET SELON LES OPTIONS SUIVANTES:

- 1) BUDGET PAR PIECE
- 2) BUDGET PAR FOURNISSEUR
- 3) BUDGET PAR MONNAIE
- 4) BUDGET PAR PAYS

TAPER <RETURN> POUR RETOUR MENU PRINCIPAL

FAITES VOTRE CHOIX :1

VOUS AVEZ LES OPTIONS D'EDITIONS SUIVANTES :

- 1) EDITION SUR ECRAN
- 2) EDITION SUR IMPRIMANTE
- 3) EDITION SUR ECRAN ET IMPRIMANTE

FAITES VOTRE CHOIX :

TAPEZ <RETURN> POUR RETOUR MENU PIECES

L'ALTERNATIVE SUIVANTE PERMET LA DE MODIFICATION
DU FOURNISSEUR RETENU INITIALEMENT POUR UNE PIECE
RENTRANT DANS LA FABRICATION D'UN PRODUIT DONNE.

POUR MODIFIER LE FOURNISSEUR IL EST NECESSAIRE
D'INDIQUER LE CODE DU PRODUIT EN QUESTION AINSI
QUE CELUI DE LA PIECE ET CONFIRMER POUR CHAQUE
FOURNISSUR LA MONNAIE D'ECHANGE RETENUE.

TAPEZ <RETURN> POUR RETOUR AU MENU PRINCIPAL

ENTRER LE CODE DU PRODUIT A MODIFIER :101

ENTRER LE CODE DE LA PIECE A MODIFIER :201

CHOIX DES PRIORITES DES FOURNISSEURS ET MONNAIES

UR LA PIECE :201

A LIEU DE SELECTIONNER LE FOURNISSEUR ET LA MONNAIE CORRESPONDANTE

CE CODE= 201

TE PIECE POSSEDE : 1 FOURNISSEUR(S).

DESIGNATION	PAYS D'ORIGINE
301 F 1	FRANCE

FOURNISSEUR SELECTIONNE:301

ONNISSEUR CODE= 301

OURNISSUEUR POSSEDE : 1 MONNAIE(S).

DESIGNATION	TAUX DE CHANGE
401 DOLLAR	5.20

MONNAIE SELECTIONNEE:401

MENU PRINCIPAL

- 1 FICHER DES VEHICULES (PRODUITS)
- 2 FICHER DES PIECES (S/ENSEMBLES)
- 3 FICHER DES FOURNISSEURS
- 4 FICHER DES MONNAIES
- 5 FICHER DES PAYS
- 6 SORTIE DU MODULE

FAITES VOTRE CHOIX :

MASQUE 11

MENU DE MISE A JOUR DES VEHICULES

VOUS AVEZ LES POSSIBILITES SUIVANTES

- 1_ AJOUTER UN PRODUIT (VEHICULE)
- 2_ AFFICHER " "
- 3_ MODIFIER " "
- 4_ SUPPRIMER " "
- 5_ RETOUR AU MENU MAINTENANCE

FAITES VOTRE CHOIX :

ENTREZ LE CODE DU VEHICULE : 0

A N N E X E VI

ETATS DES RESULTATS SUR LE BANC D'ESSAI

NEG-SLK

POS-SLK

DISPENSIBLE

LINE

0.00000
 0.00000
 0.00000
 0.00000
 0.00000
 0.00000
 0.00000
 0.00000
 11.37247
 7.55358
 0.00000
 0.00000
 1.10255
 0.00000

0.00000
 0.00000
 0.00000
 0.00000
 0.00000
 0.00000
 0.00000
 0.00000
 10.44102
 14.89745
 1.00000
 0.00000
 0.00000
 0.00000
 0.00000

1000.00000
 0.00000
 0.00000
 0.00000
 0.00000
 0.00000
 0.00000
 0.00000
 0.00000
 0.00000
 0.00000
 0.00000
 0.00000
 0.00000
 0.00000
 0.00000

1
 2
 3
 4
 5
 6
 7
 8
 9
 10
 11

MONTANT	VARIABLE
1	8.66153
2	12.44102
3	20.00000
4	18.89743

ANALYSE DE LA F. OBJECTIVE

PRIORITE	SOUS-ATTEINTE
4	0.00000
3	0.00000
2	0.00000
1	0.00000

OPTION 2 FORMULATION 1

SLACK ANALYSE

LIGNE DISPONIBLE POS-SLK NEG-SLK

1	5000.00000	0.00000	0.00000
2	900.00000	0.00000	247.82108
3	2.00000	0.00000	0.00000
4	2.00000	14.10595	0.00000
5	2.00000	0.00000	0.00000
6	2.00000	18.00000	0.00000
7	20.00000	0.00000	12.00000
8	20.00000	0.00000	3.19105
9	20.00000	0.00000	13.00000
10	20.00000	0.00000	0.00000
11	60.00000	0.00000	19.35106

MONTANT VARIABLE

- 1 2.00000
- 2 16.10395
- 3 2.00000
- 4 20.00000

ANALYSE DE LA F. OBJECTIVE

PRIORITE	SCUS-ATTEINTE
4	19.39106
3	247.82108
2	0.00000
1	0.00000

NEG-SLK

POS-SLK

DISPONIBLE

LIGNE

0.00000
 354.74316
 0.00000
 0.00000
 0.00000
 0.00000
 0.00000
 0.00000
 1.47431
 18.00000
 18.00000
 18.00000
 0.00000
 17.47432

0.00000
 0.00000
 15.52519
 0.00000
 0.00000
 0.00000
 0.00000
 0.00000
 0.00000
 0.00000
 0.00000
 0.00000

5000.00000
 900.00000
 2.00000
 2.00000
 2.00000
 2.00000
 2.00000
 20.00000
 20.00000
 20.00000
 20.00000
 20.00000
 60.00000

1
 2
 3
 4
 5
 6
 7
 8
 9
 10
 11

MONTANT VARIABLE

1	18.52519
2	2.00000
3	2.00000
4	20.00000

ANALYSE DE LA C. OBJECTIVE

	PRIORITE	SOUS-ATTEINTE
4		366.74314
3		17.47482
2		0.00000
1		0.00000

LIGNE	DISPONIBLE	PDS-SLK	NEG-SLK
1	1000.00000	0.00000	685.96027
2	10000.00000	0.00000	0.00000
3	900.00000	0.00000	0.00000
4	2.00000	7.06872	0.00000
5	2.00000	11.06871	0.00000
6	2.00000	15.86257	0.00000
7	2.00000	18.00000	0.00000
8	20.00000	0.00000	10.93123
9	20.00000	0.00000	6.93129
10	20.00000	0.00000	2.13743
11	20.00000	0.00000	0.00000
12	60.00000	0.00000	0.00000

MONTANT	VARIABLE
1	9.06872
2	13.06871
3	17.86257
4	20.00000

ANALYSE DE LA F. OBJECTIVE

PAG

PRIORITE	SOUS-ATTEINTE
5	0.00000
4	0.00000
3	0.00000
2	0.00000
1	0.00000

SLACK ANALYSE

DISPENSIBLE

POS-SLK

NEG-SLK

1	1000.00000
2	5000.00000
3	900.00000
4	2.00000
5	2.00000
6	2.00000
7	2.00000
8	20.00000
9	20.00000
10	20.00000
11	20.00000
12	60.00000

0.00000
0.00000
0.00000
0.00000
0.00000
5.24712
0.00000
0.00000
0.00000
0.00000
0.00000
51.93268
0.00000
0.00000
33.33258
1.17950

953.51541
0.00000
0.00000
0.00000
2.00000
0.00000
0.00000
2.00000
0.00000
2.00000
0.00000
20.00000
12.75288
20.00000
0.00000
0.00000

MONTANT VARIABLE

2 7.24712
4 53.93268

ANALYSE DE LA P. OBJECTIVE

PRIORITE	SOUS-ATTEINTE
5	37.93268
4	0.00000
3	0.00000
2	0.00000
1	0.00000

LIGNE DISPONIBLE

1	1000.00000
2	5000.00000
3	900.00000
4	2.00000
5	2.00000
6	2.00000
7	2.00000
8	20.00000
9	20.00000
10	20.00000
11	20.00000
12	60.00000

PDS-SLK

0.00000
0.00000
3355.79932
0.00000
0.00000
15.00000
15.00000
0.00000
10.00000
13.00000
0.00000
0.00000
0.00000
0.00000
0.00000
0.00000
0.00000
0.00000
0.00000

NEG-SLK

616.00005
0.00000
0.00000
30.00000
0.00000
0.00000
0.00000
0.00000
0.00000
0.00000
0.00000
0.00000
2.00000
13.00000
0.00000
0.00000
0.00000
0.00000
0.00000

MONTANT	VARIABLE
1	20.00000
2	13.00000
3	2.00000
4	20.00000

ANALYSE DE LA F. OBJECTIVE

PRIORITE	SOUS-ATTEINTE
5	30.00000
4	0.00000
3	3395.79932
2	0.00000
1	0.00000

A N N E X E VII

ETATS DE REPARTITION DU BUDGET DEVISE

BUDGET PAR PIECE ET PAR PRODUIT

DE PRODUIT	201	202	203	204	205	206
1	614.40	0.00	135.00	0.00	0.00	144.00
2	102.40	38.40	0.00	0.00	75.00	133.12
3	409.60	307.20	1280.00	102.40	0.00	0.00
4	0.00	115.20	0.00	0.00	21.60	0.00
TAL	1126.40	460.80	1415.00	102.40	96.60	277.12

BUDGET PAR FOURNISSEUR ET PAR PRODUIT

DE PRODUIT	701	702	703	704
1	614.40	0.00	135.00	144.00
2	273.92	0.00	0.00	75.00
3	819.20	1280.00	0.00	0.00
4	115.20	0.00	21.60	0.00
TAL	1822.72	1280.00	156.60	219.00

BUDGET PAR MONNAIE ET PAR PRODUIT

DE PRODUIT	801	802	803
1	4915.20	1080.00	1152.00
2	2191.36	0.00	600.00
3	6553.60	0.00	10240.00
4	921.60	172.80	0.00
TAL	14581.76	1252.80	11992.00

BUDGET PAR PAYS ET PAR PRODUIT

DE PRODUIT	901	902	903
1	4915.20	1080.00	1152.00
2	2191.36	0.00	600.00
3	6553.60	10240.00	0.00
4	921.60	172.80	0.00
TAL	14581.76	11492.80	1752.00