

Y. TANGUY

J. L. ZELLER

**Résultats d'une enquête sur les programmes
d'ordonnancement de projets**

Revue française d'automatique, informatique, recherche opérationnelle. Recherche opérationnelle, tome 6, n° V2 (1972), p. 33-48

http://www.numdam.org/item?id=RO_1972__6_2_33_0

© AFCET, 1972, tous droits réservés.

L'accès aux archives de la revue « Revue française d'automatique, informatique, recherche opérationnelle. Recherche opérationnelle » implique l'accord avec les conditions générales d'utilisation (<http://www.numdam.org/conditions>). Toute utilisation commerciale ou impression systématique est constitutive d'une infraction pénale. Toute copie ou impression de ce fichier doit contenir la présente mention de copyright.

NUMDAM

Article numérisé dans le cadre du programme
Numérisation de documents anciens mathématiques
<http://www.numdam.org/>

RESULTATS D'UNE ENQUETE SUR LES PROGRAMMES D'ORDONNANCEMENT DE PROJETS

par Y. TANGUY ⁽¹⁾ et J. L. ZELLER ⁽¹⁾

Résumé. — Ce rapport est la synthèse d'une enquête sur les programmes d'ordonnement de projets mis à la disposition des utilisateurs en juillet 1970. Ces programmes permettent de calculer les dates au plus tôt et au plus tard deancements des différentes tâches et le chemin critique du projet. Certains d'entre eux permettent également de suivre les dépenses et de tenir compte de contraintes de capacité. Les principales caractéristiques des programmes recensés sont indiquées.

1. DESCRIPTION DE L'ENQUETE

1.1. Introduction

Seront exposés ici les résultats d'une enquête lancée en juillet 1970 auprès des sociétés de conseil en informatique et en organisation et des fabricants d'ordinateurs.

Cette enquête avait pour but de recenser les programmes pour ordinateur, existant à cette date, d'ordonnement de projets par une méthode de réseaux.

Cette enquête a été menée par les auteurs du centre interarmées de Recherche Opérationnelle sous l'égide de la Délégation à l'Informatique.

Les fournisseurs éventuels ont été sélectionnés dans des listes de sociétés abonnées à des revues d'informatique ou de recherche opérationnelle. Cette première liste a été très largement complétée en utilisant l'annuaire téléphonique. Dans cette liste d'environ 200 sociétés, il a été procédé à un premier sondage par téléphone (pour les sociétés parisiennes) pour éliminer le maximum de sociétés n'ayant manifestement pas de tels programmes. C'est ainsi que nous avons obtenu une liste définitive de 94 sociétés.

Un questionnaire fut alors envoyé à ces 94 sociétés ainsi que la liste des sociétés consultées.

(1) Attachés aux services techniques de l'Armée.

1.2. Nombre de programmes recensés

Sur les 94 sociétés consultées, 62 ont répondu. Les 32 sociétés n'ayant pas répondu sont en majorité des sociétés de petite dimension et on peut penser raisonnablement que l'absence de réponse équivaut à une réponse négative dans la majorité des cas.

Parmi les 62 sociétés ayant répondu, 26 commercialisent un ou plusieurs programmes d'ordonnancement selon des modalités variables. Ces sociétés mettent au total à la disposition de leur clientèle 37 programmes (fig. 1).

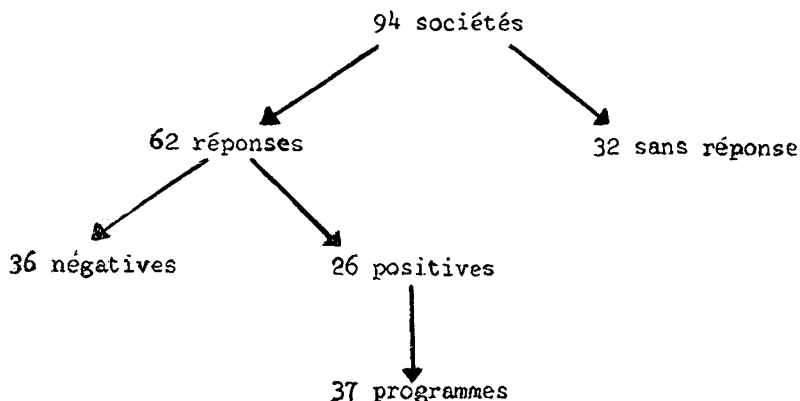


Figure 1
Réponses au questionnaire

1.3. Nature d'activité des sociétés ayant répondu positivement

Nous avons classé ces sociétés en 4 catégories. Chaque société a été rattachée à une catégorie principale, et éventuellement à une catégorie secondaire (tableau I). Bien entendu toutes les sociétés n'ont pas de catégorie secondaire.

TABLEAU I

CATÉGORIES PRINCIPALES		CATÉGORIES SECONDAIRES			
		Fabricant	Conseil en informatique	Conseil en organisation	Service bureau
Fabricant	8	—	1	0	1
Conseil en informatique	7	0	—	2	4
Conseil en organisation	7	0	5	—	3
Service bureau	4	0	0	0	—

1.4. Commercialisation des programmes

La commercialisation se présente sous quatre formes principales :

- a) Vente du programme 12
- b) Location du programme 17
- c) Service bureau 8
- d) Fourni avec l'ordinateur 2

Des combinaisons sont possibles entre ces différents moyens de commercialisation (tableau II).

TABLEAU II

$a + c$	$a + b$	b	$b + c$	a	c	$a + b + c$	d	Sans réponse	Total
1	8	6	2	2	4	1	2	11	37

2. CARACTERISTIQUES GENERALES DES PROGRAMMES

2.1. Les types de réseaux utilisés

La représentation temporelle d'un projet sous forme de réseaux comporte un certain nombre de variantes, dont les plus connues sont au nombre de quatre :

- a) PERT (Programm evaluation and Review Technique).

Chaque tâche est représentée par un arc.

- b) Potentiel tâches, encore dit MPM (Metra Potential Method).

Les sommets du réseau représentent une tâche; les arcs représentent les contraintes entre les débuts des tâches.

- c) Antécédents.

Les sommets du réseau représentent les tâches; on peut avoir plusieurs types d'arcs représentant des contraintes entre débuts de tâches, fins de tâches, ou début et fin de tâches.

- d) Méthode du chemin critique ou CPM (Critical Path Method).

La représentation est identique à celle du PERT.

Dans les réponses reçues, il apparaît que c'est toujours la méthode PERT qui conserve la plus large utilisation. Sur les 37 programmes, 22 utilisent des réseaux de ce type, soit plus de la moitié. Les résultats sont résumés sur le tableau III (1).

TABLEAU III

TYPE DE RÉSEAU	PERT	ANTÉCÉDENTS	C.P.M.	MPM
Nombre de programmes	22	13	12	4

Certains programmes offrent la possibilité de choisir entre plusieurs types de réseaux, ce qui implique que le total soit supérieur à 37.

2.2. Les possibilités COUT et CHARGE

La représentation d'un projet par un réseau permet de calculer des dates de début et de fin pour les différentes tâches, c'est-à-dire un ordonnancement du projet. Mais cet ordonnancement ne tient pas compte d'une limitation éventuelle des moyens disponibles pour réaliser les tâches, limitation qui peut empêcher l'exécution simultanée de deux ou plusieurs tâches. C'est pourquoi certains programmes comprennent un module « CHARGE » permettant de prendre en compte de façon plus ou moins complète et précise ces limitations.

D'autre part, il est intéressant de suivre au cours du déroulement du projet, l'évolution des dépenses : c'est le module « COUT » qui en tient compte.

— 25 programmes offrent la possibilité de suivre l'avancement financier du projet, c'est-à-dire comportent un module COUT.

— 21 programmes offrent la possibilité de faire intervenir dans le calcul des dates, les limites de capacité des différents services ou moyens participant au projet. Aucun ne réalise véritablement de lissage de charge. Néanmoins certains présentent des caractéristiques intéressantes, à savoir que lorsque la limite de charge est atteinte on a le choix entre un dépassement de cette capacité dans des limites fixées (intervention d'heures supplémentaires) et un retard de la tâche tant que celui-ci n'occasionne pas un retard du projet dans son ensemble (par exemple programme ICL).

— Chacun des 37 programmes offre une certaine combinaison des possibilités « TEMPS », « COUT » et « CHARGE », la première existant dans tous les cas. Les résultats sont résumés dans le tableau IV.

TABLEAU IV

	Programme temps seulement	Programme temps + coût	Programme temps + charge	Programme temps + coût + charge	TOTAL
Nombre de Programmes	6	8	6	17	37

2.3. Les types d'ordinateurs utilisés

IBM vient en tête avec 15 programmes destinés à fonctionner sur des ordinateurs de cette marque (généralement de la série 360). Les résultats sont un peu faussés car nous n'avons pu obtenir les réponses de la société Honeywell ⁽¹⁾. Ils sont résumés sur le tableau V.

TABLEAU V

Type d'ordinateurs	IBM	Univac	CDC	ICL	Bull-GE	Siemens	Philips	CII	Honeywell
Nombre de programmes	18	5	4	2	2	2	2	1	1

3. LE MODULE « TEMPS »

3.1. Introduction

Nous en venons maintenant à une analyse plus détaillée des caractéristiques des programmes disponibles, en nous bornant pour l'instant à la possibilité « TEMPS », c'est-à-dire à l'ordonnancement d'un projet sans limitation de capacités.

L'un des critères importants pour juger des performances d'un programme d'ordonnancement est évidemment le temps d'exécution, en fonction de la taille du réseau. Le questionnaire ne comportait aucune question à ce sujet, car il ne paraissait pas possible d'obtenir des réponses comparables des différentes sociétés consultées. Il ne nous est donc malheureusement pas possible de donner des indications sur le temps d'exécution.

Les principales caractéristiques des programmes sont rassemblées dans le tableau XXII.

3.2. Nombre maximal de tâches

Nous avons essayé de mettre en évidence la relation entre la taille de la mémoire centrale nécessaire et la taille du réseau.

(1) Par contre, une réponse a été obtenue de Bull-Général Electric, devenu depuis Honeywell-Bull.

Certains questionnaires étant incomplets, cette analyse ne porte que sur 23 programmes (sur un total de 37).

a) La majorité des programmes traite des réseaux de moins de 18 000 tâches (17 programmes sur 23).

b) La majorité des programmes utilise des tailles de mémoire centrale inférieure à 2 100 kilobytes (20 programmes sur 23).

c) Il n'existe pas de corrélation entre la taille de mémoire centrale et la taille du réseau pour les différents programmes.

Cela est dû au fait que l'augmentation de taille des réseaux (pour les grandes tailles) s'obtient par utilisation des mémoires périphériques.

3.3. Durée des tâches

Dans la plupart des programmes, la durée d'une tâche est considérée comme certaine, et exprimée par un nombre unique. Quelques programmes admettent des durées aléatoires. La loi de probabilité est imposée de façon plus ou moins stricte; c'est toujours une loi Béta.

Les résultats obtenus sont résumés dans le tableau VI (seuls 35 questionnaires sur les 37 ont répondu à cette question) :

TABLEAU VI

DURÉE UNIQUE	DURÉE ALÉATOIRE		DURÉE UNIQUE OU DURÉE ALÉATOIRE (loi β)	TOTAL
	Loi β simple	Loi triang.		
22	4	2	7	35

3.4. Langage utilisé

Trois langages sont principalement utilisés :

- Fortran (dans 17 programmes).
- Assembleur (dans 16 programmes).
- Cobol (dans 7 programmes).

Quelques programmes utilisent plusieurs langages différents. Le tableau VII donne la répartition des divers programmes en fonction des langages utilisés (35 réponses sur 37 programmes).

TABLEAU VII

Langage	Fortran	Cobol	Assembleur	Fortran + Cobol	Fortran + Assembleur	Cobol + Assembleur	Fortran + Cobol + Assembleur	Basic	TOTAL
Nombre de programmes	12	2	11	4	2	2	1	1	35

3.5. Possibilité de modification du programme

D'après les réponses obtenues, les programmes sont suffisamment souples pour que l'utilisateur puisse les modifier ou ajouter des sous-programmes de traitement l'intéressant particulièrement. Cette souplesse provient du fait que la quasi-totalité des programmes est modulaire. Il faut cependant remarquer que certains programmes ne sont modifiables que par le fournisseur et non par l'utilisateur.

En résumé nous obtenons les résultats du tableau VIII.

TABLEAU VIII

PROGRAMME MODIFIABLE	PROGRAMME MODULAIRE	POSSIBILITÉ D'AJOUTER DES SOUS-PROGRAMMES	TOTAL DES RÉPONSES
19	34	30	35

3.6. Unité de temps utilisée

Les durées des différentes tâches doivent être exprimées en fonction d'une unité de temps, qui peut être imposée ou à choisir parmi plusieurs. Certains programmes autorisent l'utilisation simultanée de plusieurs unités de temps.

Le tableau IX résume les caractéristiques des programmes (32 réponses sur les 37 questionnaires reçus).

TABLEAU IX

UNITÉ IMPOSÉE			UNITÉ NON IMPOSÉE		
Unique	Plusieurs (1)		Unique	Plusieurs (2)	
	Nombre d'unités	Nombre de programmes		Nombre d'unités	Nombre de programmes
	2	5 (3)		2	5
	3	1		3	3
	4	2		indéterm.	4
	5	2			
4		10	8 (3)		11
(1) Utilisables ou non simultanément. (2) Utilisables simultanément. (3) Un programme comporte une option : — 2 durées imposées ; — 1 durée non imposée.					

3.7. Le calendrier

Le calendrier permet de transformer les dates relatives de début des tâches en dates calendaires tenant compte des jours fériés, des congés, etc...

Il est intéressant d'avoir à sa disposition plusieurs calendriers car toutes les personnes associées au projet n'ont pas forcément les mêmes congés.

De même il est parfois nécessaire de supprimer le calendrier pour certaines tâches qui se déroulent quel que soit le jour.

Les résultats obtenus sont résumés dans les tableaux X et XI.

TABLEAU X

Nombre maximum de calendriers	1	2	3	4	5	10	147	Indé-terminé	Sans réponse	TOTAL
Nombre de programmes	19	2	1	2	2	1	2	3	5	37

TABLEAU XI

Nombre de programmes permettant des tâches sans calendrier	Nombre de programmes ne permettant pas des tâches sans calendrier	Sans réponse	TOTAL
17	7	13	37

3.8. Type d'algorithme utilisé

On retrouve principalement dans les réponses obtenues, l'algorithme de Ford. De nombreuses sociétés considèrent l'algorithme qu'elles utilisent comme différent des trois algorithmes cités dans le questionnaire, c'est-à-dire ceux de Ford, Moore et l'Algorithme naturel.

Nous pouvons résumer dans le tableau XII les résultats obtenus.

TABLEAU XII

Algorithme de Ford	Algorithme naturel	Algorithme de Moore	Autres	Sans réponse	TOTAL
7	3	2	9	16	37

L'algorithme de Ford a été publié en 1956 [1]. On peut en trouver un exposé en français dans Simonnard [2], p. 265. Une généralisation de cet algorithme est donnée dans l'ouvrage de Berge et Ghouïla-Houri [3], p. 183-184.

Le lecteur trouvera l'algorithme de Moore dans les Proceedings de l'International Symposium on the theory of Switching d'avril 1957 [4].

Nous avons appelé algorithme naturel celui dont on peut trouver l'exposé dans *Algèbre Moderne et Théorie des Graphes*, tome 2 de B. Roy, VII, p. 143 [5].

Il n'est pas absolument sûr que les réponses correspondent strictement aux définitions données ci-dessus. Mais les enquêteurs n'avaient évidemment aucun moyen de vérification complémentaire.

La rubrique AUTRES quand elle a été précisée contient en général des algorithmes que le rédacteur du programme a considéré comme lui étant propres; ce sont probablement des variantes des précédents dans le but d'améliorer les performances des calculs mais là non plus les auteurs n'ont pas pu préciser davantage.

3.9. Les Rapports de sortie

Les rapports de sortie sont généralement assez nombreux et on retrouve dans la grande majorité des cas les rapports classiques sur les dates au plus tôt et les dates au plus tard, sur les marges; par étape et par tâche. On a aussi généralement des rapports par responsable.

De nombreux programmes permettent aussi d'éditer des rapports condensés sur l'état d'avancement des travaux, ce qui permet d'avoir une vue globale et rapide de l'évolution du projet.

Certains programmes laissent aussi à l'utilisateur le choix des rapports et la forme de l'édition. Cette possibilité est très importante car elle permet d'éditer des rapports avec uniquement les informations intéressant chaque responsable à tous les niveaux hiérarchiques.

TABLEAU XIII

	RAPPORTS CONDENSÉS	RAPPORTS AU CHOIX
Nombre de programmes	13	6

4. LE MODULE CHARGE ⁽¹⁾

4.1. Critères de priorités

Dès que la charge dépasse la capacité, il faut modifier l'ordonnancement de certaines tâches. Le choix parmi les tâches se fait généralement au moyen de critères de priorité. Nous pouvons retenir 6 critères utilisés par la majorité des programmes (tableau XIV).

(1) Rappelons que 23 programmes sur les 37 recensés comportent un module « charge » (cf. tableau IV).

TABLEAU XIV

I	II	III	IV	V	VI
Marge	Date au plus tôt	Date au plus tard	Durée de la tâche	Priorité externe	Ressources
9	10	6	2	3	3

Naturellement certains programmes utilisent plusieurs critères simultanément. Les combinaisons rencontrées sont résumées sur le tableau XV.

TABLEAU XV

I + II + III	I + II + III + VI	I	II	I + II	I + II + IV + V	I + II + III + IV + V	I + II + IV + V	III	Sans réponse
2	2	2	1	1	1	1	1	1	10

4.2 Contraintes

Nous avons considéré deux sortes de contraintes :

- Les contraintes disjonctives.
- Les contraintes cumulatives.

Le nombre de programmes admettant les premières est très restreint, puisque 2 programmes seulement les acceptent, et encore à condition que leur nombre soit très petit, il s'agit des programmes Corua de l'AUROC et de Milord de la S.I.A.

Pour les contraintes cumulatives, la différence entre les programmes se fait voir dans le nombre maximal par tâches et pour l'ensemble du réseau. Nous pouvons résumer les résultats obtenus par les tableaux XVI et XVII.

TABLEAU XVI

Nombre maximum de contraintes par tâche	1 à 20	21 à 100	Plus de 100	Sans réponse
Nombre de programmes	9	3	2	8

TABLEAU XVII

Nombre total maximum de contraintes	1 à 100	101 à 1 000	Plus de 1 000	Sans réponse
Nombre de programmes	4	7	3	8

4.3. Les Rapports de sortie

On retrouve généralement les mêmes types de rapports dans tous les programmes. Le diagramme de Gantt se retrouve dans tous les programmes sauf un. Nous pouvons résumer les résultats dans le tableau XVIII (16 réponses sur 22 questionnaires).

TABLEAU XVIII

Capacité ∞ Capacité finie Diag. Gantt	Capacité ∞ Diag. Gantt	Capacité finie Diag. Gantt	Capacité finie Capacité inf.	Diag. Gantt	Paramétrable	Sans réponse
11	1	1	1	1	1	6

5. LE MODULE « COUT »

5.1. Répartition par marque d'ordinateur

Encore une fois les ordinateurs les plus utilisés sont les ordinateurs IBM. Le tableau XIX donne les résultats.

TABLEAU XIX

IBM	Univac	CDC	ICL	CII	Siemens	Philips	Honeywell	Sans réponse
12	4	2	2	1	1	1	1	1

5.2. Possibilité d'avoir des coûts proportionnels à la durée

Cette possibilité est intéressante car elle permet de fixer des coûts unitaires sans s'occuper de la durée de la tâche; celle-ci peut évoluer sans qu'il soit nécessaire de préciser autrement la façon de mettre à jour les coûts (tableau XX).

TABLEAU XX

Nombre de programmes ayant la possibilité	Nombre de programmes n'ayant pas la possibilité	Sans réponse
11	12	2

5.3. Rapports de sortie

La plupart des programmes possèdent les mêmes états de sortie. Les principaux sont au nombre de quatre (tableau XXI).

TABLEAU XXI

Dérapage cumulé des coûts	Par compte	Par responsable	Coût/période	Sans réponse
12	16	21	20	1

(1) Rappelons que 25 programmes sur les 37 recensés comportent un module coût.

TABLEAU XXII

CODE	NOM DE LA SOCIÉTÉ	MODULES	NOM DU PROGRAMME	ENVIRONNEMENT		NOMBRE DE TACHES MAX	MÉTHODE UTILISÉE	COMMERCIAL
1	AUROC	T + Ch	CORUA	IBM	360/65 MET	4 096 Kb	PERT	V-L
2	AUROC	T	GRAFOS	IBM	360/40 PCP	2 048 Kb	Antécédents	V-L
3	Bedaux	T + Co + Ch	PLAN	IBM	360/30 DOS	512 Kb	Antécédents	V-L
4	Bull	T + Ch	CPM PRE	GE	235 Time Sh.		C.P.M.	S-B
5	CAP	T	PERT	IBM	360 DOS	512 Kb	PERT	V-L
6	CERG	T + Co + Ch	BATI- PLANNING	Univac	1 108 Exec 8	4 718 Kb	PERT et antécédents	V-L
7	CFRO	T + Co	P.M.S.	IBM	360/50 OS	1 024 Kb	PERT et CPM	?
8	CDC	T + Co	PERT/TIME	CDC	6 000		PERT	?
9	CII	T + Co + Ch	CORAIL	CII	10 070	1 536 Kb	PERT	Fourni
10	CGO	T + Co + Ch	PERT 1900	ICL	1 900 DOS	384 Kb	PERT et antécédents	L
11	COFROR	T + Co + Ch	PROCTAFI II	IBM	360/25 DOS	256 Kb	C.P.M.	V
12	IBM	T + Ch	REAL 360	IBM	360 DOS	256 Kb	C.P.M. et antécédents	L
13	IBM	T + Co + Ch	PCS 360	IBM	360 DOS	256 Kb	C.P.M. et antécédents	?
14	IBM	T + Co + Ch	PCS 1130	IBM	1 130 V2	64 Kb	C.P.M. et antécédents	S.B.
15	IBM	T	CPM 20	IBM	360/20	64 Kb	C.P.M.	?

16	IBM	T + Co	PMS V2	IBM	360/40 OS	1 024 Kb	750 000	PERT-CPM	S.B.
16 bis	IBM	T + Co + Ch	PMS V3	IBM	360/40 OS	1 024 Kb	750 000	PERT-CPM	L
17	ICL	T + Co + Ch	PERT 1900	ICL	1 900	1 536 Kb	6 000/réseaux	PERT et antécédents	V-L-SB
18	INFOR	T	SINETIK 4004	Siemens	4 004TDOS	1 024 Kb	500 réseaux	PERT et antécédents	L-SB
19	NBF	T + Co	TELOR	Bull-GE	600 DOS		7 000	C.P.M.	
20	OBM	T + Co + Ch	SOGECEC	IBM	360/25	384 Kb	5 000	Antécédents	L
20 bis	OBM	T + Co + Ch	SOGECOC	IBM	360/25	384 Kb	5 000	Antécédents	?
21	Philips	T + Co + Ch	PROMIS	Philips	P 1 000 Mul. Pro	512 Kb	10 000	C.P.M. et M.P.M.	Fourni
22	Philips	T + Ch	T1 PERT	Philips	P 9 200 P.S.	256 Kb	1 000	PERT	S.B.
23	Quatenaire	T + Co	PERT	IBM	360/30 DOS	512Kb	17 000	PERT	L
24	SCEPROG	T + Co	FYPER 5	CDC	660 SOCDSE	5 000	5 000	PERT	V-SB
25	SEFCP	T + Ch	PERT 200	IBM	360 OS				?
26	SIA	T	CONCORD	Honeywell	H 1 200 ITR	640 Kb	12 000	PERT	
27	SIA	T + Ch	MILORD	CDC	6 600	1 760 Kb	8 000	MPM	V-L
28	Siemens	T + Co + Ch	SINETIK	CDC	6 600	1 360 Kb	2 000	Antécédents	V-L
29	Singro	T + Co + Ch	SAGA	Siemens	4 004/35	2 048 Kb	17 000	CPM-MPM	?
30	Sincro	T + Co + Ch	PERT 360	Univac	1 108 MPS	4 726 Kb	12 000	PERT-antécédents	?
31	Sofragem	T + Co + Ch	PMS-SOFRAGEM	IBM	360/30 DOS	512 Kb	7 500	et MPM	V-L
32	Sodiac	T + Co	FCHU	IBM	360 OS			PERT	L-SB
33	Univac	T + Co	PERT	Univac	1 108		7 000	PERT	L
34	Univac	F	PERT 9000	Univac	1 108	4 500 Kb	25 000	PERT	?
35	BEPAM	T + Co + Ch	IRMO	Univac	9 200			PERT-CPM	?
								PERT	V

6. CARACTÉRISTIQUES PRINCIPALES DE CHACUN DES PROGRAMMES

Dans le tableau XXII figurent les principaux résultats de cette enquête, qui sont ici individualisés. Les notations suivantes sont utilisées :

Modules

T : Module Temps

Co : Module Coût

Ch : Module Charge

Environnement

La taille de la mémoire centrale est exprimée en milliers de bits de façon à pouvoir comparer toutes les mémoires.

Commercialisation

V : Le programme est Vendu

L : Le programme est Loué

SB : Le programme est fourni en Service Bureau.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] L. R. FORD Jr., *Network flow theory*, The Rand Corporation, 1956, 923.
- [2] M. SIMONNARD, *Programmation linéaire*, Dunod, 1962.
- [3] C. BERGE et A. GHOULLA-HOURI, *Programmes, jeux et réseaux de transports*, Dunod, Paris, 1962.
- [4] E. H. MOORE, *The shortest path through a maze*, Proceedings of the International Symposium on the theory of switching, Part II, avril 2-5/1957 éd.
- [5] B. ROY, *Algèbre moderne et théorie des graphes*, tome 2, Dunod, 1970.