

BIBLIOTHEQUE DU CERIST

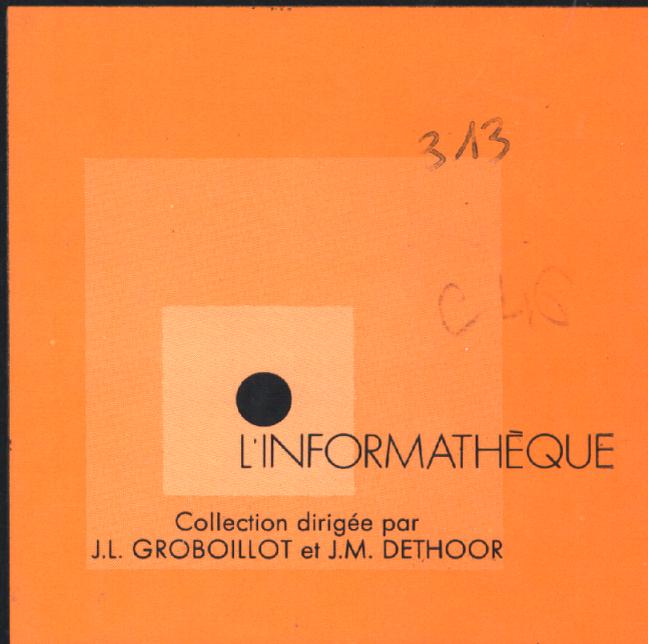
J. PEGUET

ordonnancement et ordinateur

initiation pratique



ENTREPRISE MODERNE D'ÉDITION



Ordonnancement et ordinateur

initiation pratique

par

J. PEGUET

HEC

Préface de J. GRAVOT

Table des matières

Avant-propos	XI
Préface	XIII
Avertissement	XV
Introduction : Comment représenter un projet ?	XVII
I. Le diagramme de Gantt.	XVII
II. La représentation PERT	XVIII
III. La représentation « Antécédents »	XXII
1 — La mise en place du réseau	1
I. Énoncé du problème : la décentralisation de l'ENIR	1
II. Présentation informatique des données (ENIR 01)	3
III. Interprétation du fichier ENIR 01	4
IV. Passage à la représentation PERT du problème	6
V. Résultats fournis par la machine	9
VI. Interprétation des états de sortie	10
Exercice I	13
2 — La prise en compte des jours chômés	16
I. Énoncé du problème : les jours chômés	16
II. Présentation informatique des données (ENIR 02)	18
III. Interprétation du fichier ENIR 02	19
IV. Résultats fournis par la machine	23
V. Interprétation des états de sortie	28
Exercice II	30

3 — L'organisation du projet	33
I. Énoncé du problème : les dates imposées et les responsables	33
II. Présentation informatique des données (ENIR03)	35
III. Interprétation du fichier ENIR03	35
IV. Résultats fournis par la machine	41
V. Interprétation des états de sortie	44
Exercice III	47
4 — La modification du réseau	52
I. Énoncé du problème : l'affinement du réseau	52
II. Présentation informatique des données (ENIR04)	54
III. Interprétation du fichier ENIR04	55
IV. Résultats fournis par la machine	60
V. Interprétation des états de sortie	64
Exercice IV	66
5 — La prise en considération des ressources	70
I. Énoncé du problème : les ressources à prévoir	70
II. Présentation informatique des données (ENIR05)	71
III. Interprétation du fichier ENIR05	72
IV. Résultats fournis par la machine	77
V. Interprétation des états de sortie	81
Exercice V	84
6 — Le contrôle de la réalisation du projet	88
I. Énoncé du problème : suivre l'avancement du projet	88
II. Présentation informatique des données (ENIR06)	89
III. Interprétation du fichier ENIR06	89
IV. Résultats fournis par la machine	92
V. Interprétation des états de sortie	96
Exercice VI	97

7 — La demande d'édition des rapports	99
I. Énoncé du problème : demander des éditions de rapports	99
II. La carte F-Demande d'édition de rapports	102
III. Exemples	106
Exercice VII	107

Annexes :

I — Les cartes de contrôle DOS	110
II — Les formats de cartes PCS	111

Bibliographie sommaire.	129
--	------------

Index bilingue.	130
----------------------------------	------------

Avant-propos

Dirigée par J.L. GROBOILLOT et J.M. DETHOOR, professeurs du Centre de Calcul que la Chambre de Commerce et d'Industrie a installé voici deux ans, sur son domaine de Jouy-en-Josas, cette collection a pour objectif de fournir à tous, étudiants, cadres d'entreprises, fonctionnaires, etc. le moyen de s'initier par étapes à l'outil informatique, aux techniques et au langage que son maniement implique et aux diverses utilisations qu'il permet.

De conception très pédagogique, cette collection se caractérise par un enseignement progressif, l'abondance des exemples de réalisation sur ordinateur, la qualité des exercices et des corrigés. Chaque ouvrage offre ainsi à ses lecteurs une initiation, une expérience pratique et la possibilité de maîtriser le sujet traité.

Plusieurs volumes ont pour auteurs de jeunes garçons fraîchement diplômés de l'École des Hautes Études Commerciales, et c'est un agréable privilège au directeur de cette École que de souhaiter à ces travaux tout le succès qu'ils méritent.

Les jeunes, en effet, sont tout naturellement attirés par cette nouvelle science, elle-même très jeune, mais dont les potentialités sont à la mesure de leurs ambitions légitimes et dont le rôle dans les sociétés économiques apparaît comme devant être décisif. Ayant bénéficié des conditions particulièrement favorables que leur faisaient l'École et la Chambre de Commerce et d'Industrie de Paris, de l'existence d'une équipe de professeurs dynamiques et de la présence d'un ordinateur sur place, il est normal que ces élèves diffusent largement les connaissances fondamentales dont ils se sont rendu maîtres. Ils aident ainsi les utilisateurs à acquérir les connaissances et les habitudes mentales qui constitueront nécessairement demain le langage commun à tous ceux qui se trouveront lancés dans l'action.

C'est pour nous tous le moyen aussi de contribuer, même modestement, au développement des techniques de gestion et à la préparation des responsables de demain.

Jean MARTY

Directeur de
l'École des Hautes Études Commerciales

Préface

Voici un ouvrage excellent qui sera très apprécié par les spécialistes de l'ordonnement qui veulent utiliser un ordinateur.

En effet, cet outil puissant ne résout pas tout et pose parfois de nouveaux problèmes. Le pari que pose le couple ordonnancement-ordinateur résulte en partie de l'impossibilité de traiter facilement certains problèmes, tels que les contraintes disjonctives ou le nivellement des charges, mais aussi de la difficulté que peuvent rencontrer les organisateurs dans la codification de leurs problèmes et dans l'interprétation des résultats fournis par la machine. Qui ne s'est pas heurté à l'aspect parfois rébarbatif d'un listing d'activités d'un groupe PERT?

Jacques PEGUET (ancien élève de l'École des Hautes Études Commerciales) nous montre, dans son ouvrage précis et méthodique, toutes les possibilités d'utilisation du programme d'ordonnement I.B.M.-P.C.S. en service au Centre de Calcul d'H.E.C. La clarté de son exposé, qui s'éloigne des considérations théoriques pour centrer son intérêt sur le côté pratique, contribuera à éliminer les difficultés d'adaptation des organisateurs à l'utilisation de l'ordinateur; cet ouvrage pourrait aussi être intitulé : « Comment dialoguer avec un programme d'ordonnement ».

Je ne peux que le recommander chaleureusement à la lecture de tous ceux que ces problèmes intéressent car ils y trouveront des bases solides et dépourvues de tout artifice.

J. GRAVOT

Directeur-adjoint,
Chef du Service de Traitement de l'Information à l'E.D.F.

Avertissement

Le but de cet ouvrage est de présenter à la fois une introduction à l'ordonnancement et une initiation à une méthode informatique d'ordonnancement.

Aucune connaissance préalable (qu'il s'agisse d'informatique, d'ordonnancement ou même de mathématiques) n'est nécessaire à la compréhension de ce livre qui peut très bien constituer une première entrée en contact avec l'ordinateur.

La méthode employée consiste à développer un exemple d'abord simple, puis qui se complique au long du texte, et à introduire les notions nouvelles à la faveur de cet exemple, en réduisant au minimum les développements théoriques. Cette méthode nous a conduit à composer chaque chapitre de la manière suivante :

1. Énoncé du problème,
2. Présentation informatique des données,
3. Interprétation du fichier,
4. Résultats fournis par la machine,
5. Interprétation des états de sortie.

Pour qu'il puisse au mieux utiliser cet ouvrage, nous recommandons au lecteur de ne lire qu'un chapitre par jour et de faire honnêtement les exercices proposés.

Le lecteur déjà familiarisé avec l'ordonnancement peut passer le chapitre introductif et aborder d'emblée le chapitre I.

Le système d'ordonnancement choisi pour ce livre est le Système de Contrôle de Projets (Project Control System), système de programmes mis au point par l'IBM pour fonctionner sur les machines des séries 360 et 1130, gérées sous DOS (Disk Operating System). La variante exacte dont il est question ici est le 360A-CP-06X, version 2, qui est employé sur les machines 360. Dès le premier chapitre, le lecteur sera en mesure d'utiliser pratiquement PCS.

Introduction : Comment représenter un projet?

Ce chapitre introductif contient une présentation sommaire des notions de base de l'ordonnancement selon le plan suivant :

- I. Le diagramme de Gantt.
- II. La représentation PERT.
- III. La représentation « Antécédents »

Le problème de l'ordonnancement est simple : sachant qu'on doit réaliser un projet qui se décompose en un certain nombre de tâches, trouver les dates auxquelles auront lieu ces tâches.

Pour cela, il faut définir chaque tâche, lui donner un nom, une durée, et préciser sa place relative dans le projet.

La place relative d'une tâche dans le projet est le résultat de contraintes de trois ordres dont il faut tenir compte ;

- Contraintes potentielles : telle tâche ne peut commencer que lorsque telle autre est terminée, ou bien telle tâche ne peut commencer avant le début de telle autre, ou bien encore telle tâche doit se terminer avant telle autre ;
- Contraintes disjonctives : on choisit de faire telle tâche ou bien telle autre, mais on ne fera pas les deux à la fois ;
- Contraintes cumulatives : tel type de tâches nécessite qu'on mette en œuvre telle ressource dont on ne dispose que d'une quantité limitée ; il ne sera donc pas possible de faire toutes ces tâches en même temps.

On établit donc un calendrier des travaux en respectant ces contraintes

I. Le diagramme de Gantt

La méthode la plus simple et historiquement la première employée est le diagramme de Gantt. C'est une représentation du projet dans laquelle les tâches sont figurées par des

segments proportionnels à la durée, et qui sont placés parallèlement à l'axe des temps, ainsi que le montre le diagramme ci-dessous :

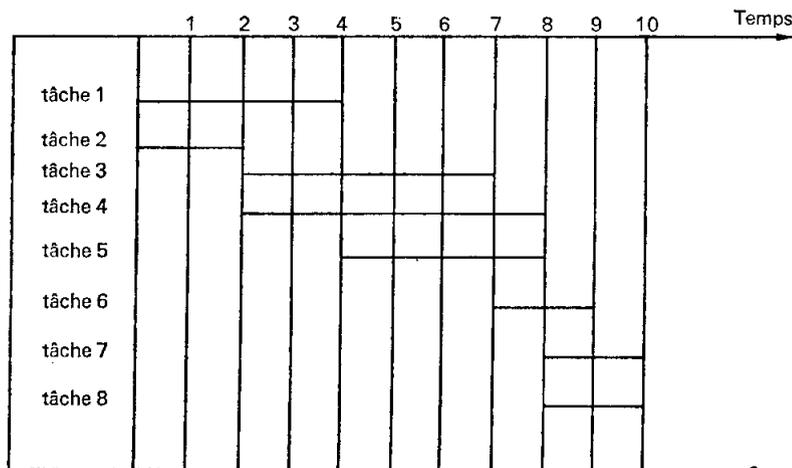


Fig. 1

En pratique, on utilise pour l'établissement de ces diagrammes de grands tableaux muraux dans lesquels les tâches sont matérialisées par des index qui peuvent coulisser dans des rails.

Ces tableaux ont l'avantage d'être très clairs et de pouvoir être mis à jour souvent (tous les jours dans les bureaux de lancement de production). Ils permettent l'ordonnement de travaux répétitifs comme par exemple des rafales de production.

Mais ils ont le gros inconvénient de ne pas montrer les liaisons entre les tâches; ainsi, dans le diagramme ci-dessus, on voit qu'à la date huit finissent deux tâches et commencent deux autres. Est-ce un hasard numérique ou une contrainte? La tâche huit doit-elle suivre la tâche 4, la tâche 5, ou les deux? Et la tâche 7? Pour le savoir, il faut se reporter à d'autres documents. On ne saura donc pas, au cas où la tâche 4 prendrait du retard, s'il faudrait reporter ce retard sur la tâche 7, sur la tâche 8, ou sur les deux, voire sur aucune.

C'est pour palier cette insuffisance qu'on a inventé le graphe PERT

II. La représentation PERT

La méthode PERT (Programm Evaluation and Review Technic) parfois nommée méthode CPM (Critical Path Method), ou méthode du chemin critique a fait son apparition il y a une dizaine d'années aux USA, un peu plus tard en France.

Cette technique consiste en ce que les tâches sont symbolisées par des flèches. Chaque flèche est caractérisée par son début, sa fin et sa durée. De plus, on donne souvent un nom aux flèches à l'aide d'un libellé en clair indiquant de quel travail il s'agit.

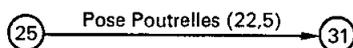


Fig. 2

Ci-dessus, la tâche « pose poutrelles », qui joint les sommets 25 à 31, possède une durée de 22,5 unités de temps.

Les tâches s'articulent autour des sommets, ce qui définit les relations d'antériorité entre les tâches. L'ensemble des tâches, appelé graphe ou réseau, se présente de la manière suivante :

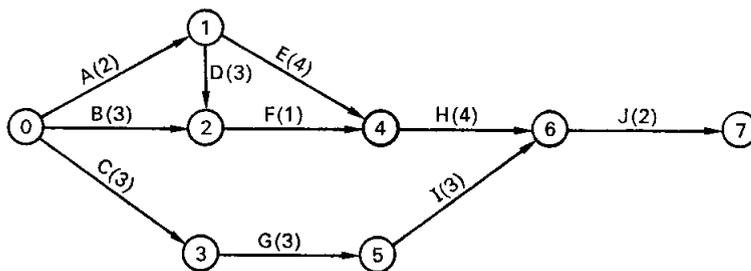


Fig. 3

On y lit ainsi, par exemple, que la tâche D, de durée 3 unités, joint les sommets un à deux, succédant donc à la tâche A, et précédant la tâche F.

Ceci nous suffit alors pour dater les événements. En effet, si l'événement zéro a lieu à la date zéro, l'événement un sera atteint deux unités de temps plus tard, soit à la date deux. La sommet deux sera atteint par B à la date trois, et par le chemin A-D à la date $2+3 = 5$. Or, pour que la tâche F puisse débiter, il faut que les trois tâches A, B et D soient achevées, ce qui donne pour l'événement deux la date cinq. Et ainsi de suite : le sommet quatre, atteint soit par E, soit par F sera à la date six, le sommet trois à la date trois, le sommet cinq à la date six, le sommet six à la date neuf, par le chemin C-G-I, et dix par H, donc finalement à la date dix, et enfin le sommet sept à la date douze.

Ces dates sont les dates au plus tôt auxquelles les sommets peuvent être atteints. Or, si le sommet sept est bien atteint à la date douze, que nous importe que certaines tâches aient du retard ?

D'où l'attribution de dates au plus tard. Pour que le dernier sommet soit atteint à la date douze, il est nécessaire que le précédent soit atteint à la date dix. De plus, il devient indispensable que le sommet quatre soit atteint à la date six, et ainsi de suite ; que le sommet deux soit atteint à la date cinq, le sommet un à la date deux, le sommet cinq à la date sept, et le sommet trois à la date quatre.

Nous constatons alors que la tâche B peut commencer à la date zéro au plus tôt, et se terminer au plus tard à la date cinq, tandis que sa durée est de trois. Nous dirons alors que cette tâche possède deux unités de marge. De même, les tâches C, G et I ont une marge. Par contre, les autres tâches n'ont pas de marge, ce qui signifie que le moindre retard pour elles est un retard pour l'ensemble du projet, (ce qui n'est pas le cas pour les tâches qui ont une marge).

De fait, un retard de trois unités pris sur la tâche J retarde le projet d'autant, alors qu'un retard de trois unités sur la tâche I ne retarde le projet que de deux unités puisque le sommet six serait alors atteint par H en dix, et par I en douze, ce qui n'est qu'un retard de deux sur le sommet six, répercuté sur le sommet sept.

Nous appellerons tâches critiques les tâches dépourvues de marge. Elles sont critiques en ce sens que c'est sur elles que doit porter toute notre attention, pour surveiller les retards et tenter de raccourcir les durées.

L'ensemble des tâches critiques constitue le chemin critique. Dans notre exemple, il s'agit donc des tâches A-D-E-F-H-J.

On voit qu'un retard pris sur le chemin critique retarde le projet d'autant, mais ne modifie pas la structure du chemin critique, alors qu'un retard supérieur à la marge dans une autre partie du graphe modifie le chemin critique. Ainsi par exemple, un retard de trois sur la tâche C engendre un nouveau chemin critique qui est C-G-I-J.

Une fois achevée la détermination des dates et des marges, il est commode de visualiser le projet à l'aide d'un diagramme de Gantt. Mais l'outil de travail n'en reste pas moins le graphe PERT auquel on aura recours pour effectuer des modifications éventuelles. Voici le diagramme de Gantt correspondant au graphe PERT que nous venons de commenter : (voir page suivante)

Les tâches sont figurées en trait plein, les marges en tireté.

De méthode d'ordonnancement, le diagramme de Gantt devient dans ces conditions simple auxiliaire d'une technique plus perfectionnée.

Cependant, le graphe PERT soulève trois sortes de difficultés. La première, que les techniques dites de multi-PERT permettent de tourner avec plus ou moins de bonheur, est qu'il

faut un projet unique, doté d'un début unique et d'une fin unique, handicap qui ne pèse pas sur le diagramme de Gantt.

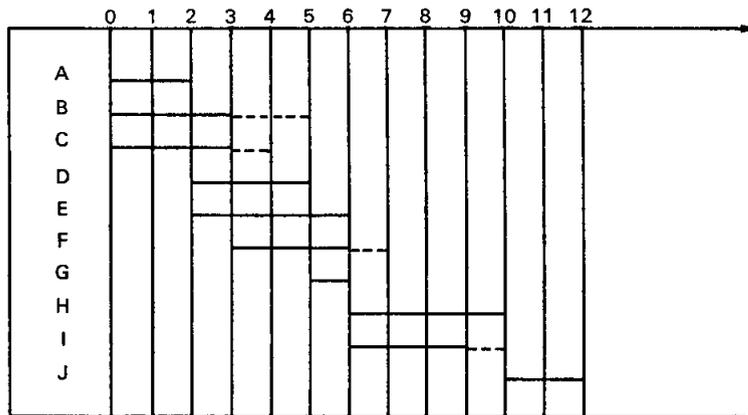


Fig. 4

La seconde, qui semble un truisme, mais n'en est pas moins une cause fréquente d'ennuis, est qu'il faut éviter les boucles. Qu'est-ce donc qu'une boucle? C'est une succession de tâches telles qu'en la suivant, on retombe sur son point de départ, ce qui rend impossible une détermination de date. En effet, on ne peut dire quand se produira une tâche qui doit avoir lieu avant et après elle-même. Voici un exemple de graphe contenant une boucle :

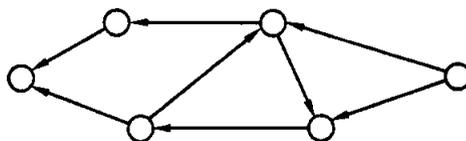


Fig. 5

On voit qu'il n'est pas toujours facile de les détecter. On trouve ici une boucle (et une seule) formée par le triangle du milieu.

Enfin, la troisième catégorie de difficultés concerne la représentation de liaisons qui ne sont pas aisées à symboliser; comment, par exemple, rendre compte de la situation suivante :

la tâche X suit les tâches Y et Z, tandis que la tâche W ne suit que la tâche Z ? On introduit pour cela une « tâche fictive » de durée nulle, et l'on obtient :

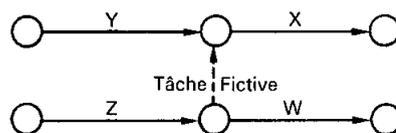


Fig. 6

L'utilisation de tâches fictives permet de représenter tous les cas possibles, avec un peu d'astuce. Cela complique cependant le graphe, et augmente le nombre des tâches à ordonnancer. C'est à cause de cette dernière difficulté de la représentation PERT qu'on lui préfère souvent la représentation Antécédents.

III. La représentation Antécédents

La méthode PERT symbolise les tâches par des flèches et les événements par des sommets; c'est pour cette raison qu'on l'appelle parfois représentation potentiels-étapes. À l'inverse, la méthode des Antécédents définit les tâches comme étant les sommets d'un graphe dont les arêtes sont les contraintes reliant les activités; c'est pourquoi on la désigne souvent sous le nom de méthode potentiels-tâches.

En effet, pour éviter la complication d'avoir à introduire des activités fictives dans le réseau, on peut matérialiser les tâches par des rectangles séparés, que l'on reliera ensuite par des flèches symbolisant les relations d'antériorité entre les tâches. Ceci permet d'avoir une représentation plus simple bien que les non-spécialistes la trouvent en général moins « parlante » que le PERT. Voici l'équivalent Antécédents du graphe PERT choisi comme exemple plus haut : (voir page suivant)

Nous avons ajouté une tâche O de début (de durée nulle) afin d'obtenir un commencement et un seul, ce qui facilite les calculs.

Nous pouvons donc dater les événements; la tâche O commence au plus tôt en zéro et se termine au plus tôt en zéro. Les tâches A, B et C commencent donc au plus tôt en zéro pour finir au plus tôt respectivement en : deux, trois et trois. Les tâches E et D débutent donc au plus tôt en deux pour se terminer au plus tôt l'une en six et l'autre en cinq. La tâche G débute au plus tôt en trois et finit au plus tôt en six, date de début au plus tôt de I qui se terminera donc au plus tôt en neuf. La tâche F qui commencera au plus tôt lorsque les deux tâches B et D seront toutes les deux achevées au plus tôt, pourra débiter en cinq pour finir au plus tôt en six.

L'activité H commencera donc au plus tôt lorsque seront finies E et F, soit en six, ce qui donne dix comme date de fin au plus tôt. L'activité J débutera au plus tôt à la fin de H et I, donc en dix pour finir en douze au plus tôt.

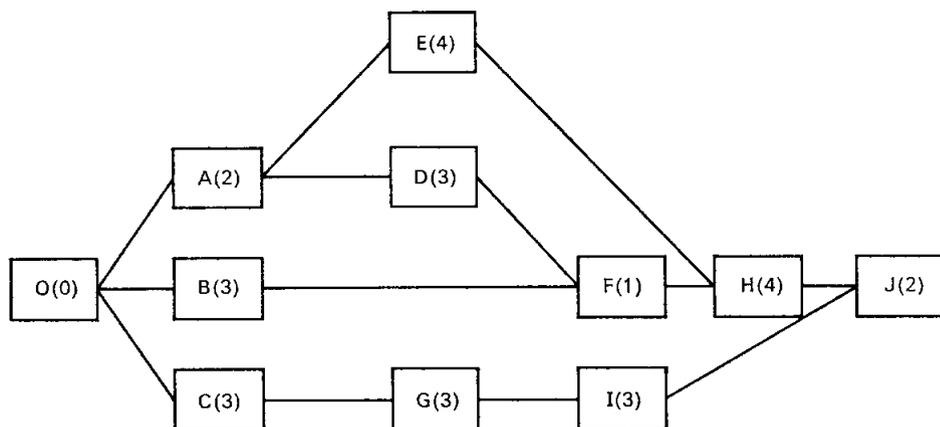


Fig. 7

On retrouve bien sûr les mêmes dates que précédemment. De même en ce qui concerne les dates au plus tard; pour que la tâche J soit terminée au plus tard en douze, il faut qu'elle commence au plus tard en dix, donc que H et I se terminent au plus tard en dix, donc que H débute au plus tard en six, et I en sept. Dès lors, G, qui doit s'achever au plus tard en sept doit commencer au plus tard en quatre, date de fin au plus tard de C dont le début au plus tard est donc un. Les dates de fin au plus tard de F et E, égales au début au plus tard de H, valent donc six, ce qui donne deux comme commencement au plus tard de E, et cinq pour début au plus tard de F. D et B s'achèvent donc au plus tard en cinq, commençant donc au plus tard en deux. Reste à trouver la date de fin au plus tard de A qui est la plus faible des dates de début au plus tard de D et E, soit deux puisqu'elles sont égales ici. Enfin, la date de début au plus tard de A est donc zéro.

Tout ce qui a été dit plus haut sur les marges et le chemin critique reste valable, ainsi que la visualisation à l'aide du diagramme de Gantt. De même, lorsqu'on établit un graphe Antécédents, il faut éviter d'obtenir des boucles et doter le projet d'une fin et d'un début unique.

L'avantage principal de la méthode des Antécédents est donc de pouvoir figurer toutes les liaisons sans avoir recours à l'artifice des tâches fictives. Un second avantage très appréciable consiste en la représentation de contraintes de types variés. En effet, les liaisons qui entrent

en jeu dans le graphe PERT sont toutes du même type : une tâche commence à la fin de celles qui la précèdent. Nous appellerons cette liaison contrainte de fin à début. Or il est fréquent en pratique de rencontrer d'autres types de liaisons, à savoir : contraintes de début à début de tâches, et de fin à fin de tâches, qu'il est facile de symboliser en Antécédents, mais dont le graphe PERT ne rend compte qu'au prix d'introductions de tâches nouvelles, issues d'un découpage des tâches initialement prévues. De plus, il est possible de placer des délais sur les liaisons du graphe Antécédents. Ainsi, la contrainte « la tâche B ne peut commencer que trois jours après le début de la tâche A » s'exprime de la façon suivante :

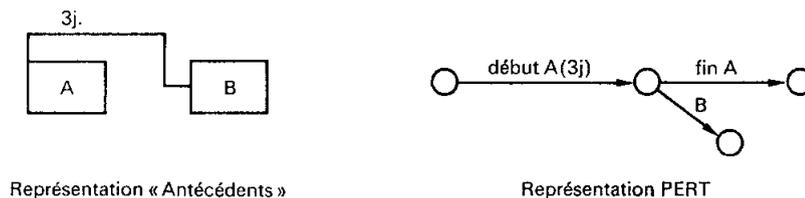


Fig. 8

Jusqu'à présent, nous ne nous sommes occupés que de contraintes de type potentiel. C'est afin de simplifier le raisonnement qui nous a servi à la détermination des dates, pour laquelle nous n'avons utilisé que des considérations de bon sens. La démarche employée peut cependant être systématisée et formalisée. Elle constitue alors un véritable algorithme programmable sur machine.

De même, il existe pour les contraintes de type disjonctif et cumulatif des modes de raisonnement programmables. Nous verrons au cours de cet ouvrage ce que PCS peut faire et ce qu'il ne peut pas faire.