

Higher National School of Hydraulic

The Library

Digital Repository of ENSH



المدرسة الوطنية العليا للري

المكتبة

المستودع الرقمي للمدرسة العليا للري



The title (العنوان):

Organisation de chantier II, la planification des travaux les  
M.M.O, notions théoriques et exercices corrigés.

The paper document Shelf mark (الشفرة) : P 690 BEN T2

APA Citation (توثيق APA):

Benlaoukli, Bachir. (2020). Organisation de chantier II, la planification des travaux les  
M.M.O, notions théoriques et exercices corrigés [polycopie pédagogique]. ENSH.

The digital repository of the Higher National School for Hydraulics "Digital Repository of ENSH" is a platform for valuing the scientific production of the school's teachers and researchers.

Digital Repository of ENSH aims to limit scientific production, whether published or unpublished (theses, pedagogical publications, periodical articles, books...) and broadcasting it online.

Digital Repository of ENSH is built on the open DSpace software platform and is managed by the Library of the National Higher School for Hydraulics. <http://dspace.ensh.dz/jspui/>

المستودع الرقمي للمدرسة الوطنية العليا للري هو منصة خاصة بتقييم لإنتاج لأساتذة باحثي المدرسة.

يهدف المستودع الرقمي للمدرسة إلى حصر الإنتاج العلمي سواء كان منشورا أو غير منشور (طروحات، مطبوعات بيداغوجية، مقالات الدوريات، كتب...) بثه على الخط.

المستودع الرقمي للمدرسة مبني على المنصة المفتوحة DSpace و يتم إدارته من طرف مديرية المكتبة للمدرسة العليا .

كل الحقوق محفوظة للمدرسة الوطنية العليا للري.

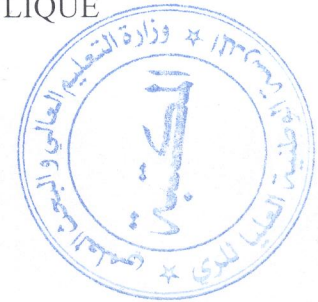
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'HYDRAULIQUE

ENSH

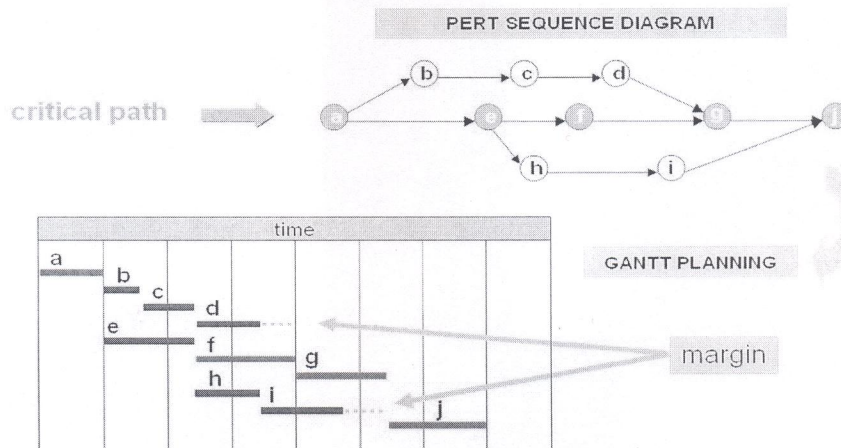
# POLYCOPE



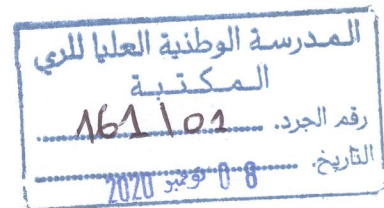
ORGANISATION DE CHANTIER II

# LA PLANIFICATION DES TRAVAUX PAR LES M.M.O

## Notions théoriques et exercices corrigés



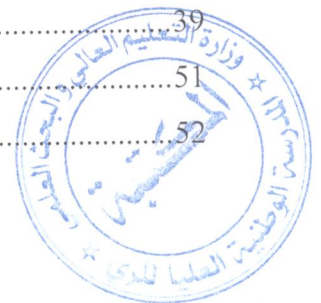
B. Benlaoukli



Septembre 2020

## Sommaire

Avant-propos .....	3
I. Définition: .....	4
I.1 La préparation a la planification.....	4
1.1.1 Les étapes nécessaires à la planification: .....	4
I.2. Les techniques de planification: .....	5
II. La théorie des graphes et les différents types.....	5
II.1 Méthodes basées sur le réseau : .....	5
II.2.1 La symbolisation .....	5
II.1.2 Réseau à flèches : .....	7
II.1.3 Réseau à nœuds : .....	7
II.2 Méthodes basées sur le graphique : .....	7
II.2.1 Graphes et chemin critique .....	7
II.2.2 Les graphes partiels et leur transformation. ....	9
III. Les techniques de configuration.....	11
III.1 La contrainte fictive .....	11
III.3 Les consignes.....	16
III.4 La transformation : .....	19
IV : les lois de calcul des réseaux.....	20
IV.1. Les paramètres de la méthode C.P.M : .....	20
IV.2 les principales lois de la méthode C.P.M : .....	21
IV.3. Le chemin critique (C.C) : .....	22
IV.4 Comparaison entre les méthodes PERT et des potentiels .....	23
V : la méthode du tableau.....	24
VI : la charte de Gantt, et le planning.....	28
VII. Les exercices .....	30
VIII. Les solutions .....	39
Conclusion.....	51
Bibliographie .....	52



# ORGANISATION DE CHANTIER II

## Management de projet

LA PLANIFICATION DES TRAVAUX  
PAR  
LES METHODES MODERNES D'ORDONNANCEMENT.

### Avant-propos

Il est indispensable, pour mener à bien l'étude critique d'un projet et de l'analyser au niveau de ses parties élémentaires et de représenter les résultats sous forme graphique, plusieurs méthodes ont été conçues à cette fin, tant au profit des ingénieurs responsables de la production que des spécialistes en organisation de chantier.

Les représentations les plus utilisées ont pu, en gros, être classées en deux groupes principaux, celui des diagrammes à barres, et celui des représentations faisant appel à un symbolisme plus abstrait.

La théorie des graphes fournit un nouvel outil pour la résolution des problèmes d'ordonnancement et la détermination des plannings. Son application réduit l'examen d'un projet de vastes dimensions à trois phases :

- La division du projet en un certain nombre d'étapes ou tâches élémentaires, l'étude des liaisons logiques qui les lient, et l'estimation des durées de chaque tâche. Cette phase d'analyse permet la construction d'un graphe (ou réseau).
- La détermination d'un ordonnancement (ou planning), et la recherche des tâches qui déterminent la durée totale du projet.
- L'affectation à chaque tâche des crédits ou autres moyens nécessaires à sa réalisation, ou leur réaffectation à des fins d'amélioration des ordonnancements déjà obtenus.

L'emploi de ces méthodes s'est répandu à une vitesse vertigineuse à travers le monde. Une connaissance des mathématiques est nécessaire pour utiliser avec aisance les méthodes que nous allons décrire. La connaissance d'éléments de statistique peut cependant être d'intérêt lorsqu'interviendront des durées aléatoires.

Si un jour je suis amené à répondre à la question suivante d'un étudiant : Est-ce que votre polycopié m'apprendra-t-il tout sur l'ordonnancement et le contrôle de la réalisation d'un projet ?, comme l'aurai fait Battersby, je répondrai sans hésitation : non, seule l'expérience pourra vous l'apprendre. Mon but est ici beaucoup plus modeste : vous mettre en situation favorable pour aborder ces questions dans la pratique.



## I. Définition:

L'organisation d'un chantier consiste à déterminer, et à coordonner la mise en œuvre des moyens nécessaires pour accomplir, dans les meilleures conditions possibles, les travaux à exécuter. Avant d'aller sur chantier, et commencer la réalisation des travaux, il faut toujours commencer par une étude théorique, c'est ce qu'on appelle une planification.

La planification des travaux est un moyen qui permet de chercher constamment la meilleure façon d'utiliser avec économie la main d'œuvre, et les autres moyens de mise en œuvre pour assurer l'efficacité de l'action à entreprendre. Son objectif est de s'assurer que les travaux se font dans un ordre correct c'est-à-dire une bonne succession des travaux, sans retard (à temps), et aussi économique que possible, c'est à dire faire un bénéfice.

Cette planification des travaux s'effectue à l'aide des méthodes modernes d'ordonnement.

### 1.1 La préparation à la planification

#### 1.1.1 Les étapes nécessaires à la planification:

Le travail de planification nécessite les étapes suivantes :

Collection des informations concernant les plans d'architecture, le cahier des charges, les normes de travail, et de matériels, et le prix des matériaux.

Les compositions du projet : on décompose le projet en opérations soit en éléments de construction (poteaux, poutres, ... etc.), soit suivant la ressource à utiliser (terrassements, coulage, ... etc.).

Prévoir la relation entre opérations ; il existe deux types de relations :

- Relation logique : exemple ; on ne peut pas faire le bétonnage avant que l'opération de coffrage soit terminée.
- Relation référentielle : exemple ; on a 2 poteaux à réaliser on peut les réaliser un après l'autre si on a une seule équipe, mais de préférence on opte pour la construction des 2 poteaux au même temps si on peut disposer de 2 équipes.

Attribution des durées : temps de réalisation de chaque opération par la formule suivante :

$$T = \frac{Q}{R \cdot N}$$

Avec :

T : Temps de travail.

Q : Quantité de travail.

N : La ressource.

R : Rendement.



## **I.2. Les techniques de planification:**

Il existe deux principales méthodes de planification à savoir :

Méthodes basées sur le réseau.

Méthodes basées sur le graphique.

**Remarque :** Le graphique ne peut se faire sans le réseau, car le réseau n'est qu'un outil de calcul permettant d'aboutir à des résultats répondant à certaines questions qui nous sont posées. Le graphique est une forme d'interprétation du réseau et de ses résultats mais mieux lisible et compréhensible.

## **II. La théorie des graphes et les différents types.**

### **II.1 Méthodes basées sur le réseau :**

Le réseau est une représentation graphique d'un projet qui permet d'indiquer la relation entre les différentes opérations qui peuvent être successives, simultanées, convergentes et leurs durées de réalisation. On distingue deux types de réseaux :



- Le réseau a nœuds.
- Le réseau a flèches.

Plus bas nous définirons en détails ces deux types de réseaux.

D'abord nous devons faire connaissance avec certains symboles qui régissent la théorie des graphes.

#### **II.2.1 La symbolisation**

Ces méthodes font intervenir les symboles suivants :

- Des Arcs (ou flèches), en trait continu pour représenter les taches (méthode PERT), ou des relations (méthode des potentiels) 
- Des Sommets (ou nœuds), qui correspondent à des étapes, ou à des événements (méthode PERT), et à des taches (méthode des potentiels) 
- Des Arcs en trait pointillé (tiret) discontinu représentant des taches fictives dont l'introduction est rendue nécessaire pour traduire une liaison séquentielle existant entre deux étapes (PERT).

De tels schémas formés de sommets (nœuds), dont certains sont reliés par des arcs (flèches) s'appellent des graphes, et l'étude de leur propriétés constitue l'objet d'une branche des mathématiques appelée "La théorie des graphes".

La longueur d'un arc n'a pas de signification, et la figure ne possède pas d'échelle. L'arc ne fait qu'indiquer la direction de la tache.

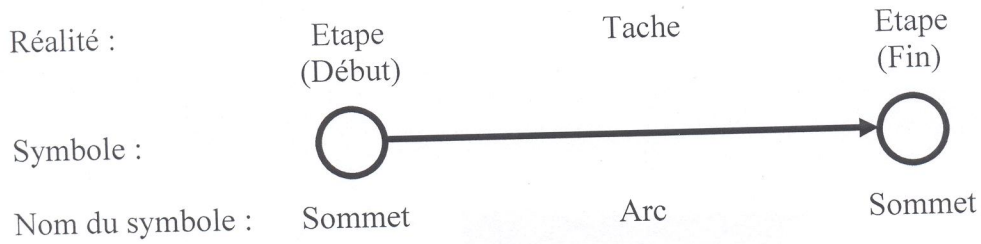
Les étapes ou événements : ce sont des instants de début ou de fin d'une tache.

Une étape se représente par un cercle numéroté figurant au sommet d'un graphe (PERT).



Pour la méthode des potentiels, l'étape figure dans le nœud lui-même, sans paraître sous une forme quelconque.

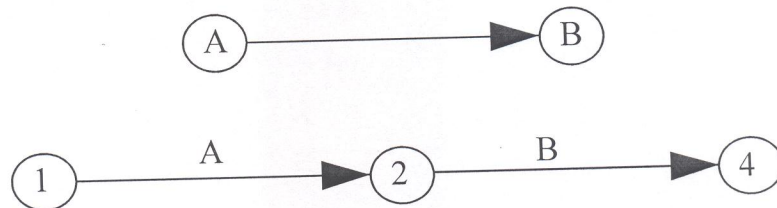
Une étape représente l'atteinte d'un certain stade intermédiaire dans la réalisation d'un projet.



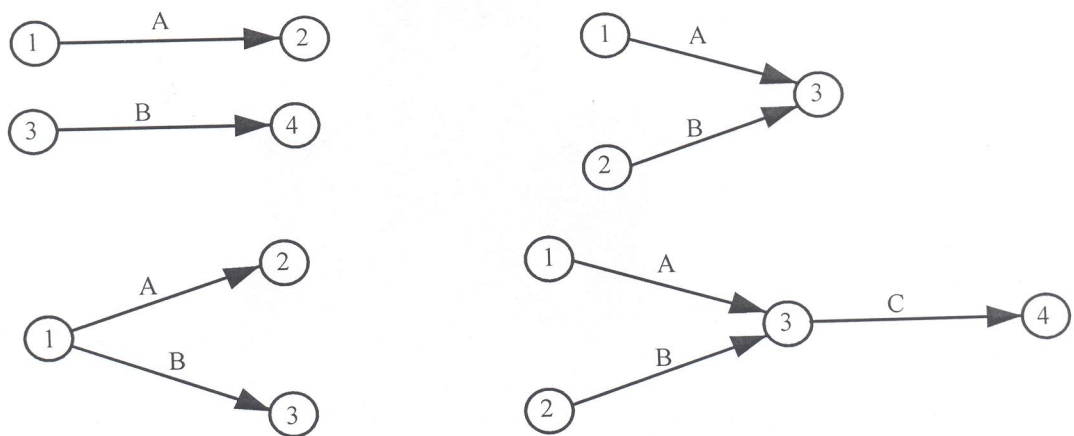
Pour commodité, les taches sont désignées par des codes (lettres), ou des chiffres, ou parfois des lettres et chiffres ensemble. Les étapes sont représentées par des chiffres (PERT).

Pour chaque tache on doit se demander :  
 Quelles sont les taches qui la précèdent ?  
 Quelles sont les taches qui ont lieu simultanément ?  
 Quelles sont les taches qui la succèdent (suivent) ?

Séquence élémentaire de taches

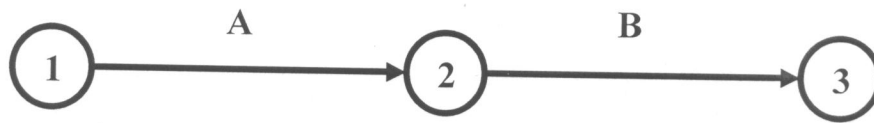


La tache A précède la tache B, ou autrement la tache B suit la tache A (succède a).  
 Les taches pouvant se réaliser simultanément



### II.1.2 Réseau à flèches :

L'opération est représentée par une flèche et la relation entre les opérations par des nœuds.



Ce schéma montre que l'opération A précède l'opération B. la longueur de la flèche n'a aucune signification, elle représente tout simplement le passage du temps dans le sens de la flèche.

La représentation de ce graphe élémentaire indique qu'on ne peut commencer la tâche B que si l'activité A est complètement terminée.

Le réseau à flèches - méthode PERT- préférence américaine.

Donc dans le réseau à flèches, l'opération est représentée par une flèche alors que le nœud indique la liaison entre les opérations.

### II.1.3 Réseau à nœuds :

L'opération est représentée par un nœud et la relation entre les opérations par des flèches.



L'opération (B) ne peut commencer que si l'opération (A) est complètement achevée.

Le réseau à nœuds - méthode des Potentiels - préférence française.

Dans le réseau à nœuds l'opération est mentionnée dans le nœud, et la flèche indique la relation entre les opérations.

## II.2 Méthodes basées sur le graphique :

### II.2.1 Graphes et chemin critique

La théorie des graphes fournit un nouvel outil pour la résolution des problèmes d'ordonnement, et la détermination des plannings.

Son application réduit l'examen d'un projet de vastes dimensions à trois phases :

La division du projet en un certain nombre d'étapes ou de tâches élémentaires.

L'étude des liaisons logiques qui les lient.

L'estimation des durées de chaque tâche. Cette phase permet la construction d'un graphe (ou réseau).



**Les méthodes les plus usuelles et suffisante a l'hydraulicien sont :**

**Méthode C.P.M** (critical path method-méthode du chemin critique) :

L'objectif de cette méthode est de réduire les temps de réalisation d'un ouvrage en tenant compte de trois phases :

1ère phase : l'effectif nécessaire pour effectuer le travail considéré.

2ème phase: analyser systématiquement le réseau, heure par heure, jour par jour, selon l'unité de temps retenue.

3ème phase : adapter le réseau aux conditions ou contraintes fixées par l'entreprise.

**Méthode P.E.R.T** (Program Evaluation and Review Technical):

C'est-à-dire technique d'ordonnancement des tâches et contrôle des programmes, c'est une méthode consistant à mettre en ordre sous forme de réseau plusieurs tâches qui grâce à leur chronologie et leur dépendance concourent toutes à l'obtention d'un produit fini.

**Méthode P.D.M** (Procedure Diagram Method):

C'est une méthode basée sur le réseau à nœuds et développe trois (03) relations à savoir

Commencement de l'opération (A) et (B) ;

Finition de l'opération (A) et commencement de (B).

Finition de l'opération (A) et finition de l'opération (B).

## II.2.2. Construction du réseau :

Pour construire un réseau il convient d'effectuer les six (6) opérations suivantes :

- Etablissement d'une liste des tâches :  
Il s'agit dans cette première phase de procéder à un inventaire très précis et détaillé de toutes les opérations indispensables à la réalisation d'un projet.
- Détermination des tâches précédantes, et succédantes :  
Après avoir dressé la liste des tâches à effectuer, il n'est pas toujours aisé de construire un réseau sans l'inventaire des taches qui précèdent et qui succèdent claque opération.
- Décomposer le projet en opérations, définir précède succède, et attribution des durées :

Opération	tr	précède	Succède

- Construction des graphes partiels. Ce sont des réseaux composés de trois opérations au maximum.
- Regroupement des graphes partiels.
- Construction du réseau. En effet en regroupant les graphes partiels, on obtient le réseau.




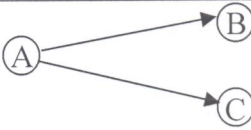


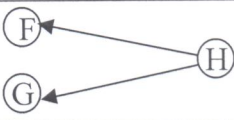

Le regroupement des taches - c'est l'assemblage des arcs les uns à la suite des autres.

### II.2.3 Les graphes partiels et leur transformation.

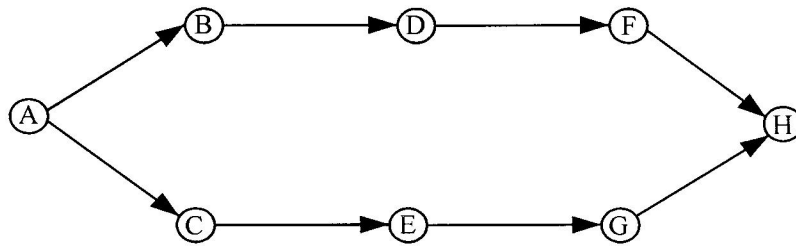
Nous illustrons ci après par un exemple les 6 étapes énumérées ci-dessus.  
Soit des données en format tableau :

N°	Opération	Précède	Succède
1	B	D	A
2	E	G	C
3	G	H	E
4	A	B, C	--
5	F	H	D
6	D	F	B
7	H	--	F, G
8	C	E	A

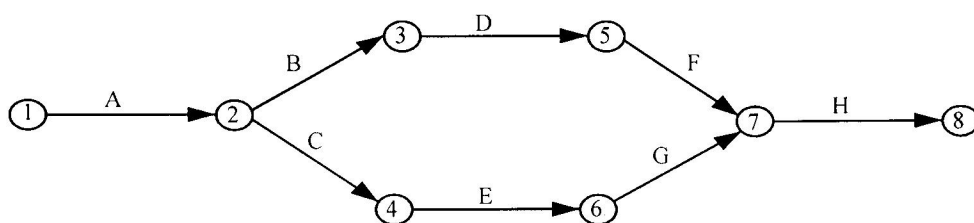
D'abord, il faut définir les graphes de chaque ligne appelés graphes partiels :

N°	Opérations	Précédantes	Succédantes	Graphes partiels
1	B	D	A	
2	E	G	C	
3	G	H	E	
4	A	B, C	--	
5	F	H	D	
6	D	F	B	
7	H	--	F, G	
8	C	E	A	

Ensuite, nous n'avons qu'à regrouper ces graphes partiels pour enfin obtenir,

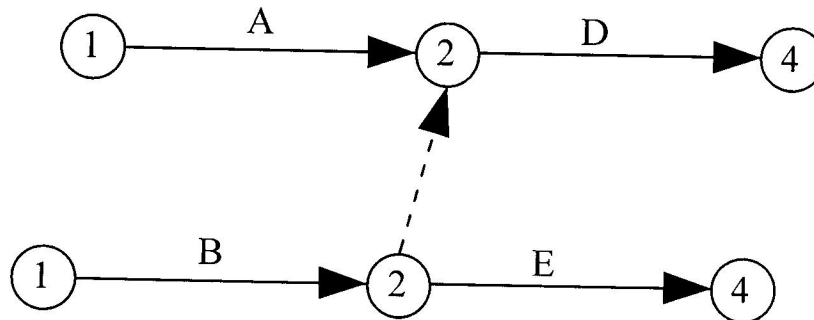


N°	Graphe partiel Potentiels	Graphe partiel PERT
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		



### III. Les techniques de configuration

#### III.1 La contrainte fictive



Ce schéma montre l'introduction d'une contrainte fictive qui est représentée par une flèche (arc) discontinue (ou en pointillé).

Cette flèche discontinue n'a aucune durée et ne correspond à aucune occupation de moyens :

$$T=0 ; R=0$$

Ce n'est qu'une contrainte technologique. On introduit les taches fictives discontinues lorsque des taches se font simultanément, et pour montrer un enchainement logique des opérations.

Dans cet exemple, la flèche discontinue montre que l'opération D ne peut commencer que si les opérations A et B sont complètement achevées.

Par contre l'opération E ne peut commencer que si l'opération B est complètement achevée.

Cela veut dire que les opérations A et D n'ont aucune influence technologique sur l'activité E.

Afin de bien expliquer le rôle de la flèche discontinue, nous donnons ici un exemple simple reflétant l'intérêt de la contrainte fictive :

Exemple : considérons les taches à effectuer lorsque l'on a à réparer une crevaison de pneu de voiture :

Enlever la roue support du pneu crevé.

Réparer la crevaison.

Sortir la roue de secours du coffre.

Mettre en place la roue de secours.

Les taches B et D doivent suivre la tache A, et D doit suivre C.

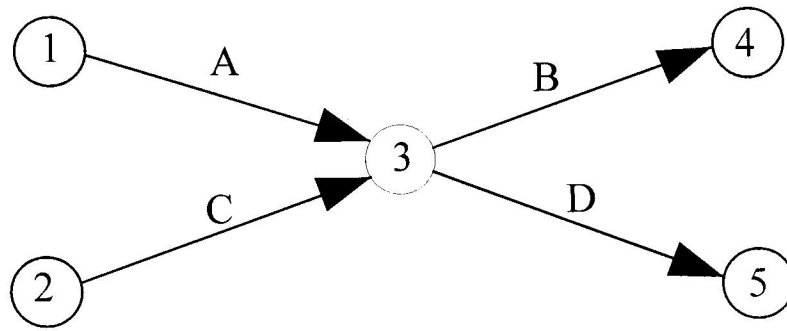


Figure 1 fausse

Cette figure de la représentation de la réparation d'une crevaison est erronée.

Le graphe de la figure traduit ces exigences de façon incorrecte, puisqu'il exprime également que B doit suivre C, ce qui est inutile.

En introduisant un arc pointillé, nous pouvons rétablir la situation, et la figure suivante montre comment on peut arriver la représentation exacte.

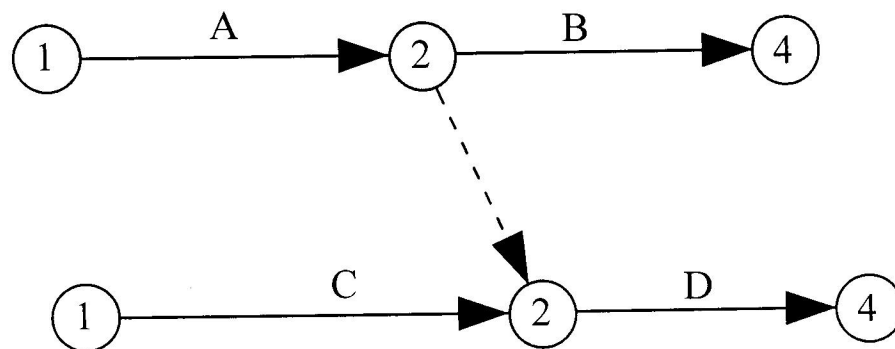


Figure 2 exacte

Cet exemple permet également d'illustrer une autre règle, à savoir qu'une même tâche ne peut être figurée plus d'une fois sur le même graphe. Pour cette raison le graphe de la figure 3 est incorrect, quoique les exigences de succession portant sur les tâches A,B,C,D, y soient traduites convenablement.

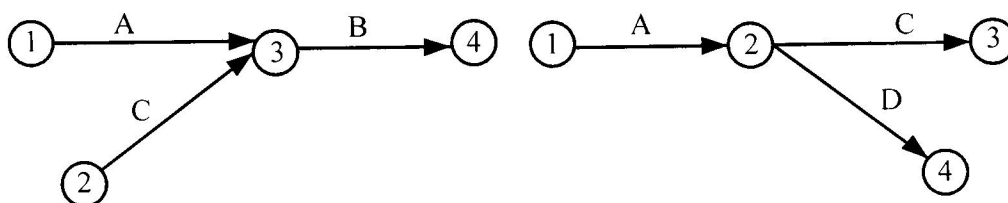


Figure 3 incorrecte (faux)

L'exemple suivant montre comment planifier la construction d'un petit projet :

Soit une canalisation de 2 km de longueur, Les principaux travaux à effectuer sont :

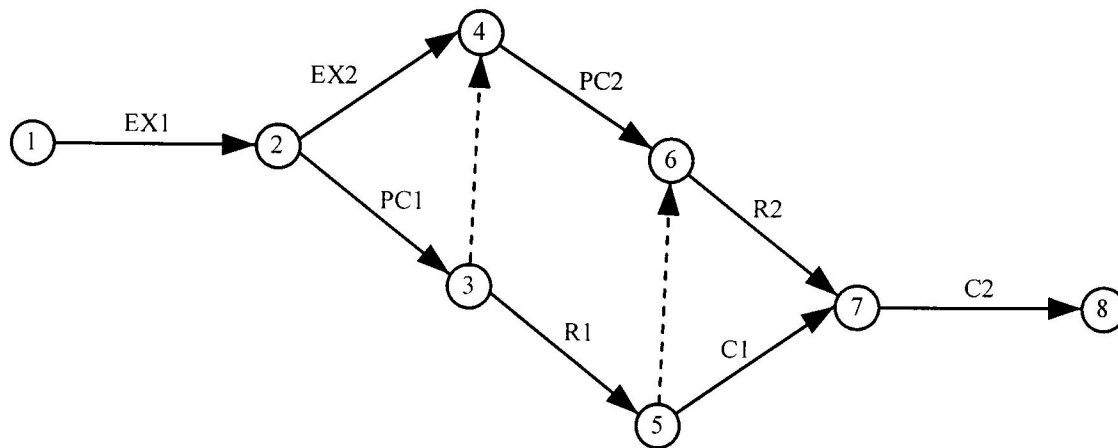
L'excavation EX

La pose conduite PC

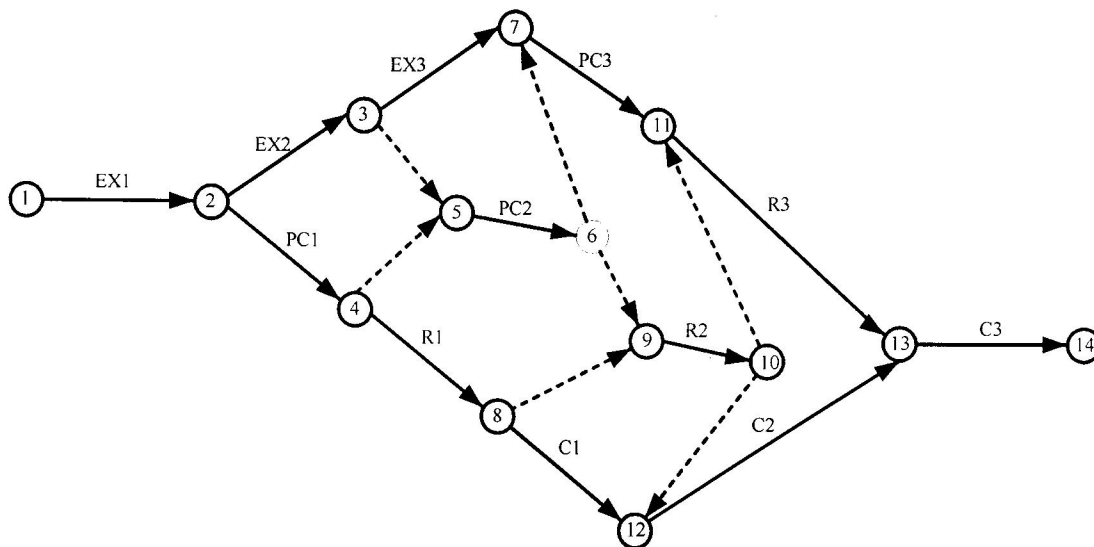
Le remblai R

Le compactage C

Le linéaire de la canalisation est scindé en deux tronçons de 1 km chacun. La planification des travaux s'effectue comme suit :



Si le linéaire est de 3 km, nous aurons trois tronçons de 1 km chacun, dans ce cas l'illustration du graphe est la suivante :

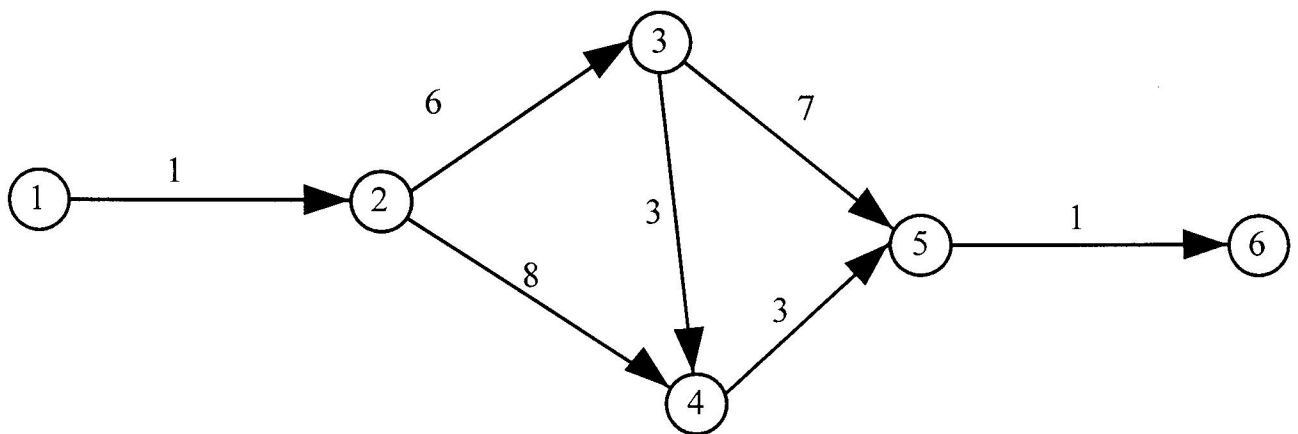


### III.2 La forme matricielle

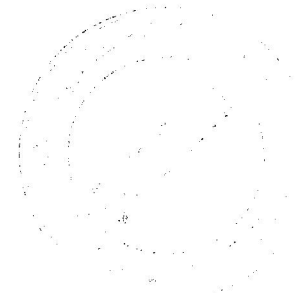
Tout graphe peut être représenté par une matrice. Chaque élément de la matrice traduit l'existence d'une flèche ou un nœud du graphe (réseau) reliant l'étape début et l'étape fin d'une tâche, la valeur de cet élément représentant la durée de la tâche.

Certaines parties de la matrice pourront être vides, car nous avons déjà dit qu'une étape ne peut pas avoir pour suivante une étape dont le numéro est inférieur au sien, ou être sa propre suivante.

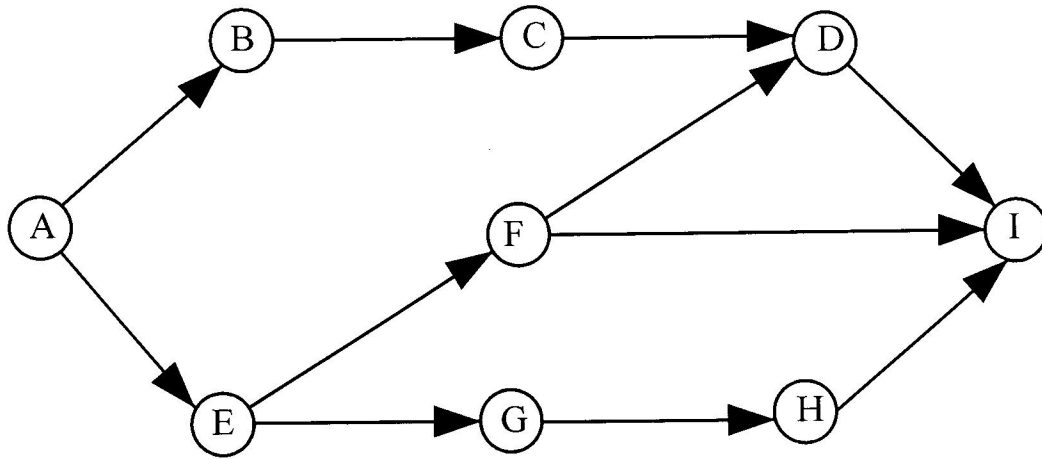
Ceci est indiqué sur la figure ci-dessous, par partie hachurée qui représente les cases vides de la matrice, tout élément qui se situerait dans cette zone impliquerait une numérotation incorrecte des étapes.



		Etape finale J					
		①	②	③	④	⑤	⑥
Etape initiale i	①						
	②		1				
	③			6	8		
	④				3	7	
	⑤					3	
	⑥						1



Cette représentation est assez complexe, néanmoins elle illustre parfaitement l'équivalent du graphe. Aussi pour une représentation matricielle plus facilement exploitable, nous montrons à travers l'exemple suivant comment représenter un graphe avec son équivalent matricielle plus simplement.



Extrémités des contraintes

Origines des contraintes

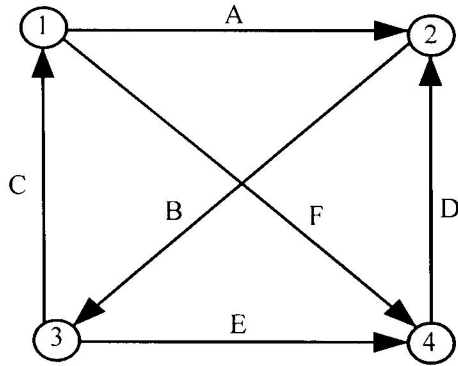
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
A		•			•				
B			•						
C				•					
D									•
E						•	•		
F				•					
G								•	
H									•
I									

Comme on peut le constater la dépendance des tâches les unes par rapport aux autres peut se représenter sous deux formes différentes par un graphe ou par une matrice.

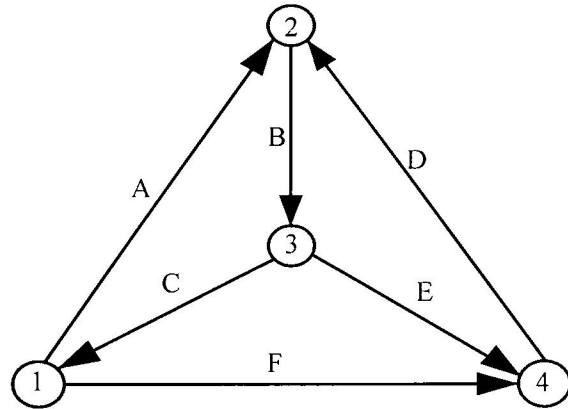


### III.3 Les conseils

Les conseils suivants se révéleront très utiles lors de la construction des graphes :

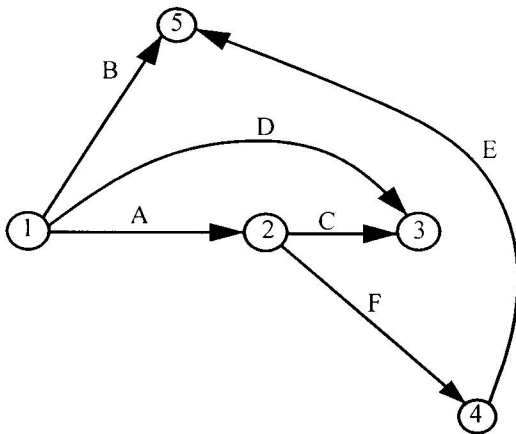


a) Faux

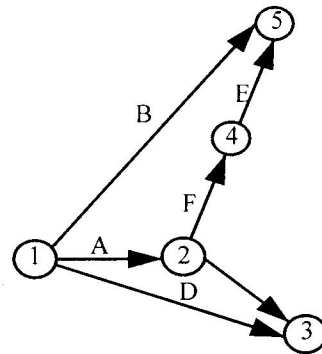


b) juste

*Essayer d'éviter de tracer des arcs se coupant*

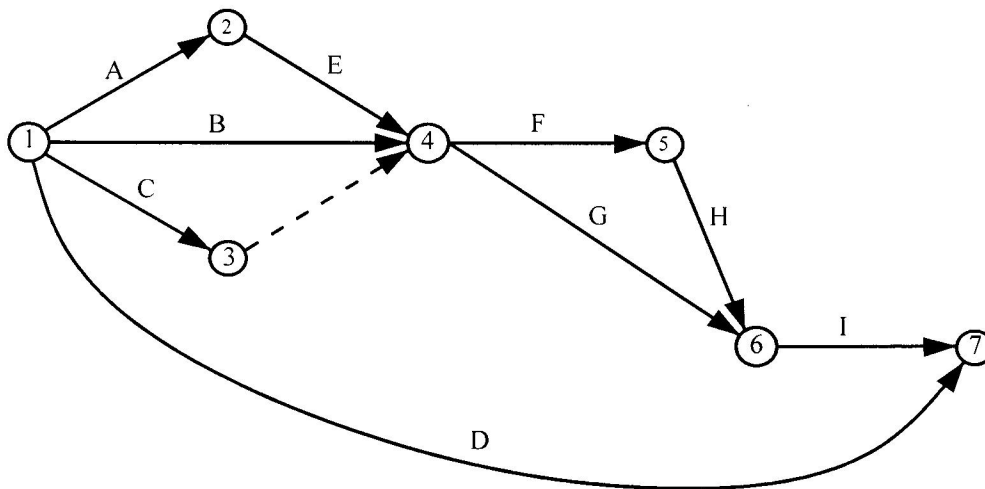


a) Faux

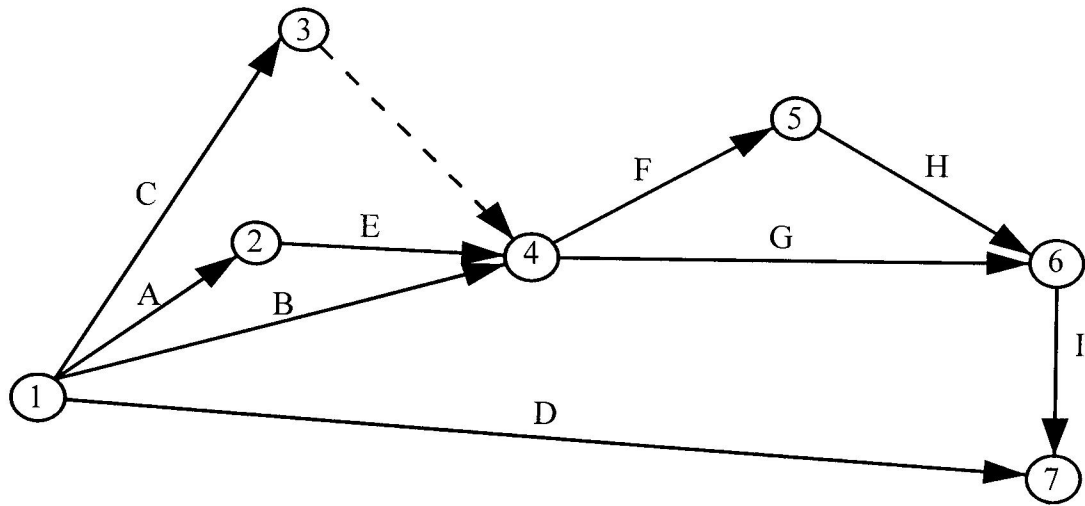


b) juste

*Essayer de tracer des arcs rectilignes*

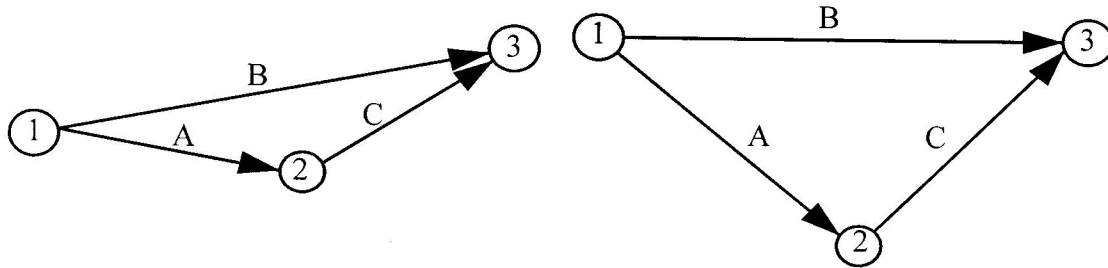


a) Faux



b) juste

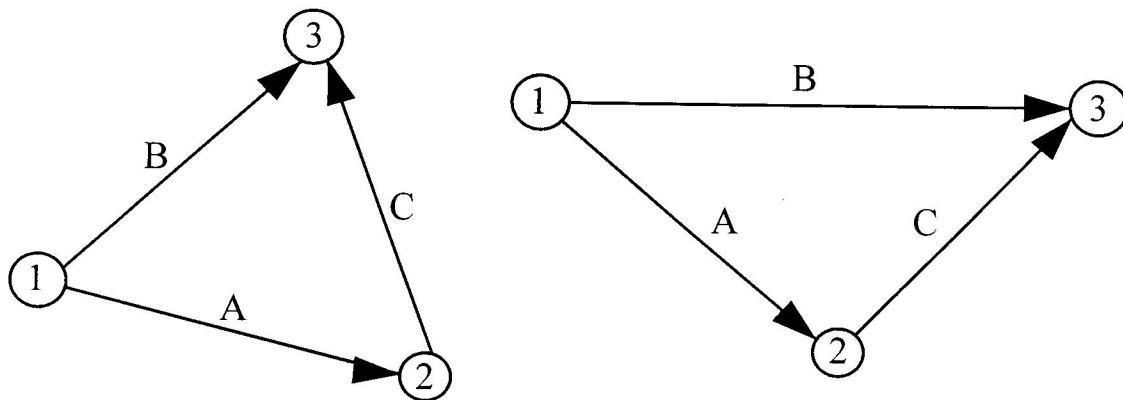
*Essayer d'éviter les variations trop grandes dans les longueurs des arcs*



a) Faux

b) juste

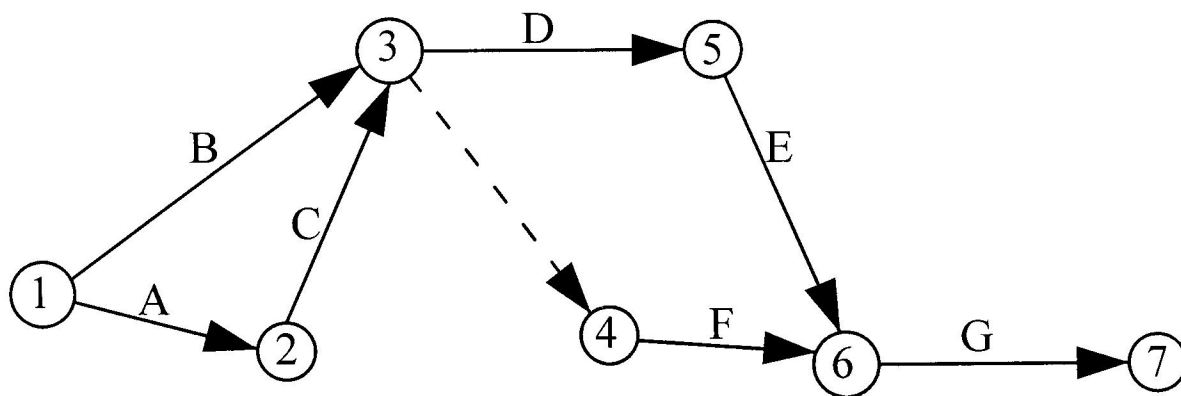
*Faire de sorte que les arcs fassent des angles aussi grands que possibles*



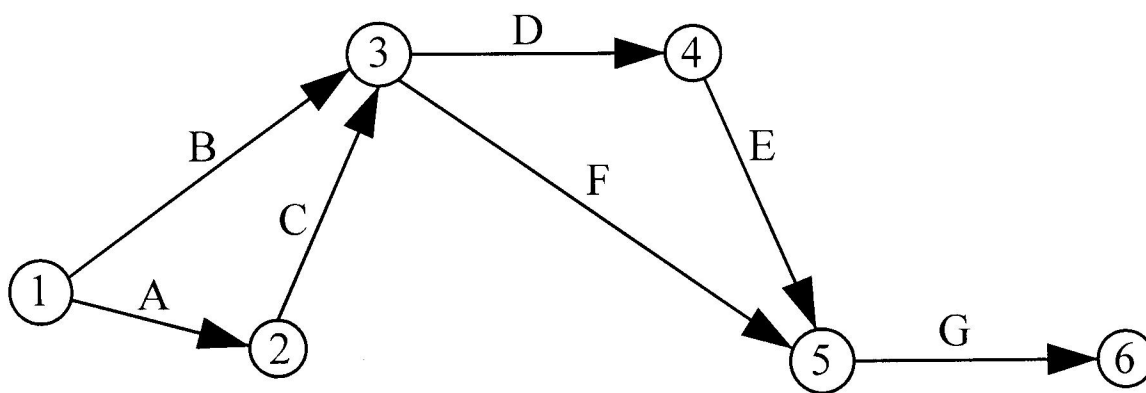
a) Faux

b) juste

*Essayer de toujours tracer un arc de la gauche vers la droite*

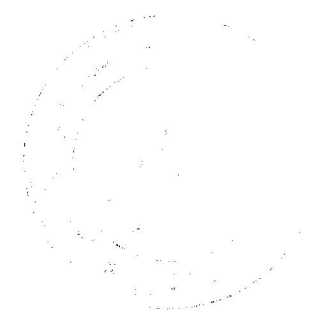


a) Faux



b) Juste

*Eviter les taches fictives inutiles*

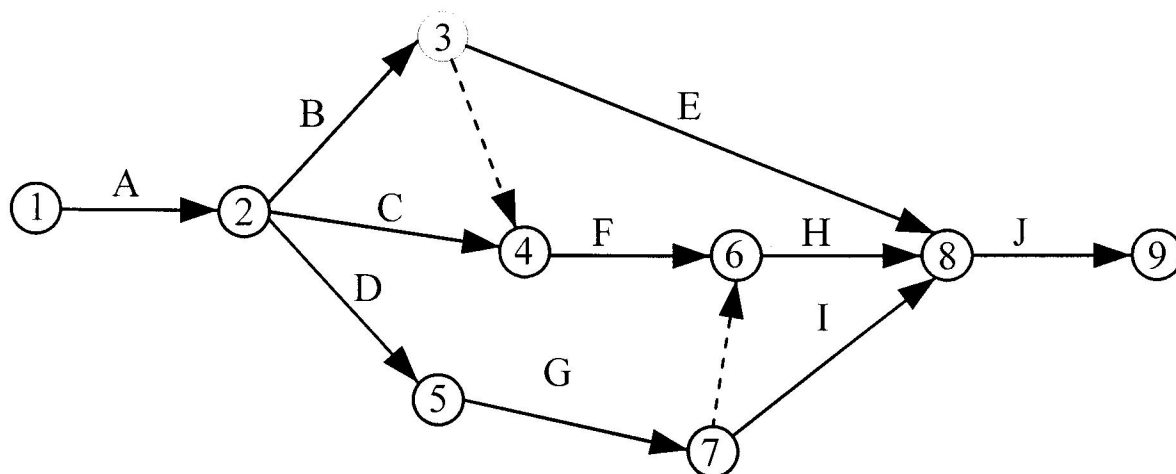
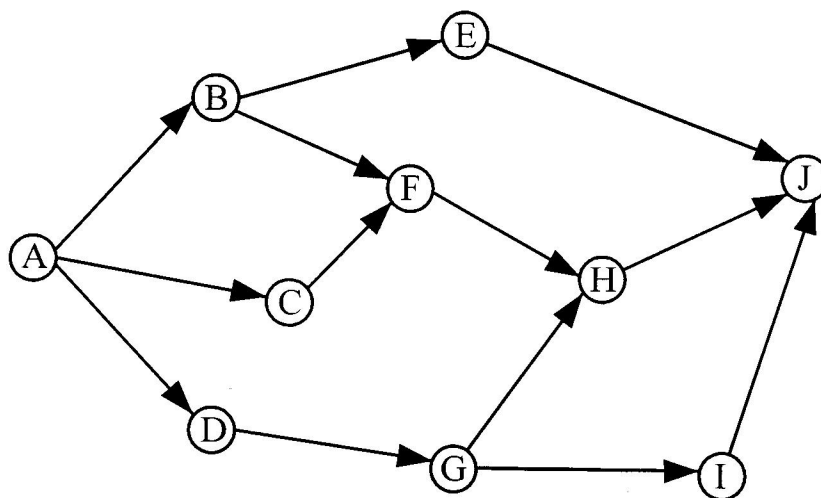


### III.4 La transformation :

**Définition :** C'est le passage d'une représentation d'un réseau d'un type donné vers un autre type.

Autrement dit, quant on évoque la transformation, cela veut dire que si on est en présence d'un réseau à nœuds, la transformation mène au traçage d'un réseau à flèches équivalent du réseau à nœuds, et vice versa lorsque on est en présence d'un réseau à flèches, et s'il nous est demandé de faire la transformation, donc on doit dessiner l'équivalent de ce réseau à flèches, on obtient un réseau à nœuds.

A titre d'exemple pour ce réseau à nœuds (figure), après transformation on obtient son équivalent un réseau à flèches (figure).



#### **Choix de la méthode de calcul :**

Le choix de la méthode de calcul repose essentiellement sur le type d'ouvrage à construire. Il est préférable dans le cas où les opérations se suivent comme dans notre cas d'opter pour la méthode C.P.M.

## IV : les lois de calcul des réseaux

### IV.1. Les paramètres de la méthode C.P.M :

Le calcul se fait en allé et retour. Pour le calcul du réseau a nœuds le calcul se fait a l'aide de la grille.

La grille est comme suit :

DCP	TR
DFP	DCPP
DFPP	MT

Avec :

**TR** : Temps de réalisation : C'est le temps nécessaire a l'opération pour quelle soit réalisée.

**DCP**: Date de commencement au plus tôt. C'est la date ou l'activité peut être commencée.

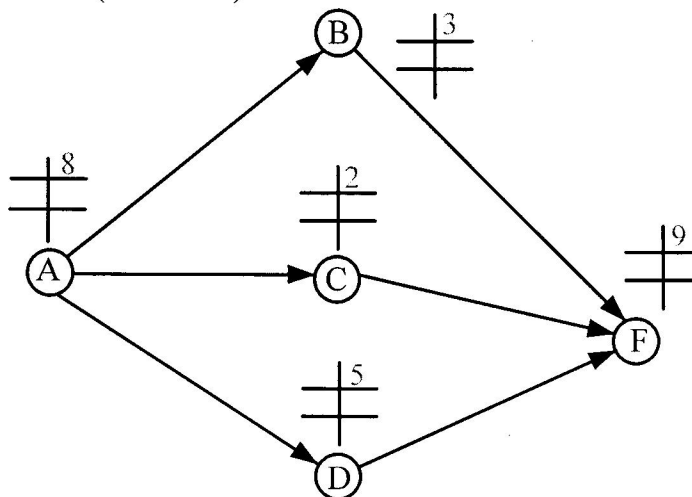
**DCPP** : Date de commencement au plus tard. C'est la date ou la tache doit être commencée.

**DFP** : Date de finition au plus tôt. C'est la date ou l'opération peut être achevée.

**DFPP** : Date de finition au plus tard. C'est la date ou l'opération doit être achevée.

**MT** : Marge totale. C'est l'intervalle de temps compris entre au plus tôt, et au plus tard.

IV.1. Un réseau a nœuds (Potentiels):



## IV.2 les principales lois de la méthode C.P.M :

### Calcul allé

On calcul s'effectue pour les dates au plus tôt uniquement. La première opération du projet débute à un temps  $t=0$ .

$$DFP_i = DCP_i + TR.$$

$$DCP_j = DFP_i.$$

Il faut savoir que pour le calcul allé, si on a 2 opérations qui s'achèvent, et donnent naissance a une nouvelle activité cette dernière commence a la date au plus tôt maximale entres les deux date de finition au plus tôt des deux activités précédentes, c'est à dire celle sui sont terminées.

Pour la dernière opération du réseau au calcul allé, et cela afin d'entamer e calcul retour, on pose par convention, dans le but de ne pas retarder le projet :

$$DCPP = DCP$$

$$DFPP = DFP$$

### Calcul retour

Ensuite, on procède au calcul retour c'est a dire on calcul les dates au plus tard :

$$DCPP_j = DFPP_i$$

Et :

$$DCPP_i = DFPP_i - TR$$

Il faut savoir aussi que, pour le calcul retour, si on a 2 opérations qui vont vers une nouvelle activité, cette dernière prend comme la date de finition au plus tard, la date de commencement minimale entres les deux date de commencement au plus tard des deux activités précédentes.

### La marge totale MT:

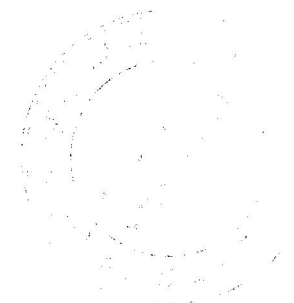
$$MT = DFPP - DFP.$$

$$MT = DCPP - DCP.$$

Pour la dernière opération, on a toujours  $MT=0$ .

La marge totale MT de l'opération est n'est jamais négative :

$$MT \geq 0$$



### IV.3. Le chemin critique (C.C) :

#### La tache critique (T.C) :

La tache critique est l'opération dont :

$$MT=0$$

C'est le chemin le plus long dans un réseau. Il donne la durée totale du projet (DTR). On reconnaît par les taches critique. En effet le chemin critique relie les opérations possédant la marge totale nulle (0).



On peut avoir un, ou plusieurs chemins critiques dans un réseau.


La somme des TR des opérations se situant sur le chemin critique est égale a la durée totale du projet **DTP**.


$$DTP = DFP \text{ de la dernière opération.}$$

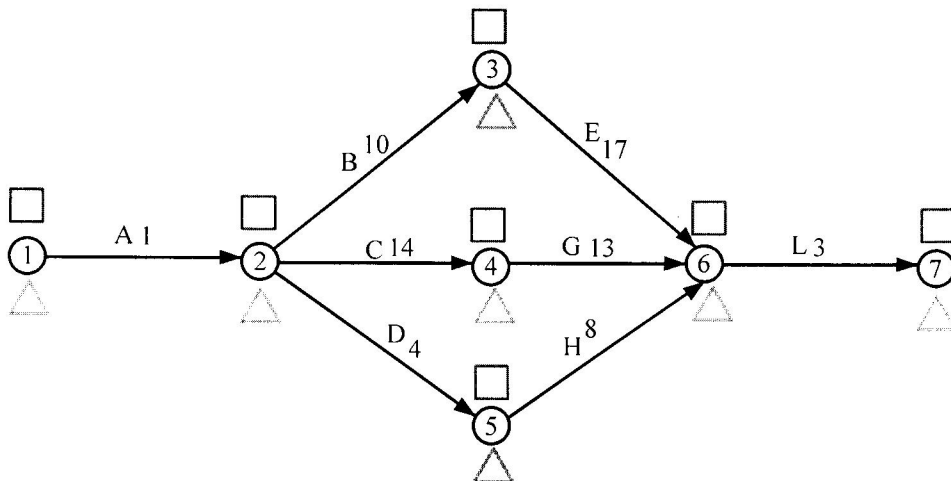
Donc pour retrouver un chemin critique il suffit de vérifier la double condition suivante :

$$C.C \Leftrightarrow \begin{cases} MT = 0 \\ \sum TR_{C.C} = D.T.P \end{cases}$$

Dans la méthode du réseau a flèches, on utilise les formes géométriques :  

Pour le calcul allé on travail avec le carré 

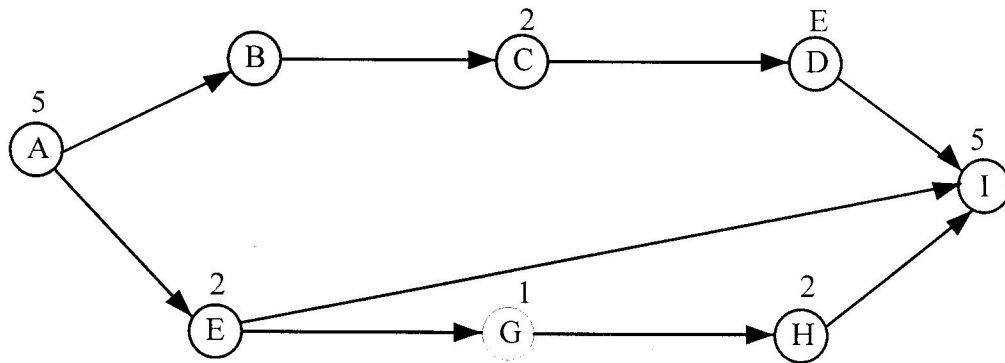
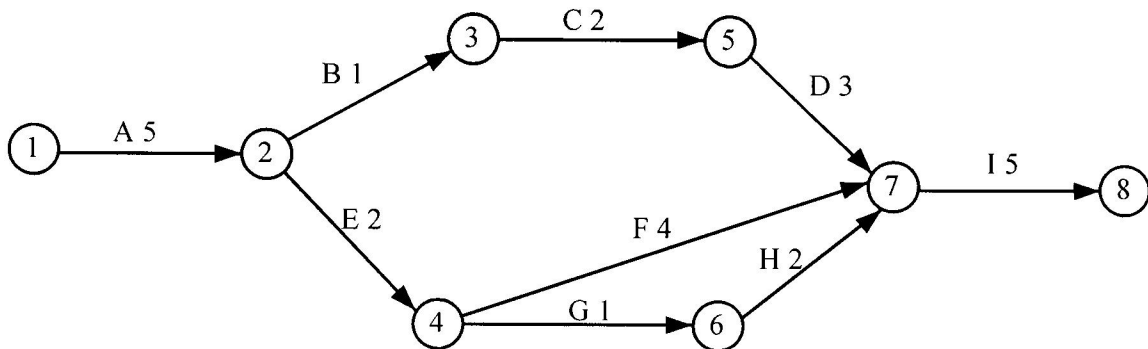
Pour le calcul retour on travail avec le triangle 



Les lettres sur les flèches (A,B,C,D,...) reflètent le nom des opérations, les chiffres sur les flèches reflètent les durées des taches, les chiffres dans les nœuds indiquent le début et la fin de chaque opération.

#### IV.4 Comparaison entre les méthodes PERT et des potentiels

Nous allons analyser cette comparaison par un exemple.



- **Méthode PERT :**

- Les sommets représentent les 8 étapes.
- Les flèches représentent les 9 tâches.
- Ce mode de représentation suppose une bonne connaissance des tâches.
- Sur chaque flèche est indiquée la durée de la tâche.

A= 5 signifie que l'opération A a une durée de 5 jours.

- **Méthode des potentiels :**

- Les sommets représentent les 8 tâches.
- Les vecteurs représentent les 9 étapes.
- Ce mode de représentation suppose une bonne connaissance des tâches.
- Le chiffre à l'extérieur du cercle indique le temps de réalisation.



## V : la méthode du tableau.

Il s'agit de faire le calcul en utilisant un tableau conçu pour le calcul de la durée du projet et la définition du chemin et des taches critiques, ainsi que les marges totales.

Le tableau est constitué d'un chapeau est composé de 6 cases :

N°	Activités	TR	DP	DPP	MT
----	-----------	----	----	-----	----

Les cases DP (dates au plus tot), et DPP (dates au plus tard) sont scindées en deux sous cases respectivement DCP, DFP, et DCPD, DFPP.

La forme finale du tableau est comme suit :

N°	Activités	TR	DP		DPP		MT
			DCP	DFP	DCPD	DFPP	

La méthode du tableau est méthode grapho-analytique.

1. La donnée principale est le réseau.
2. Ensuite, nous avons besoin du temps de réalisation de chaque opération.
3. Si c'est un réseau a nœuds (potentiels), il est impératif de procéder a la transformation afin de passer a la forme d'un réseau a flèches (PERT).

L'opération symbolisée par la lettre A, ou B, ou bien N (nœuds), passera a une nouvelle appellation (flèches), par exemple :

$$A=1 -2$$

$$B=2 - 3$$

$$N= x - y$$

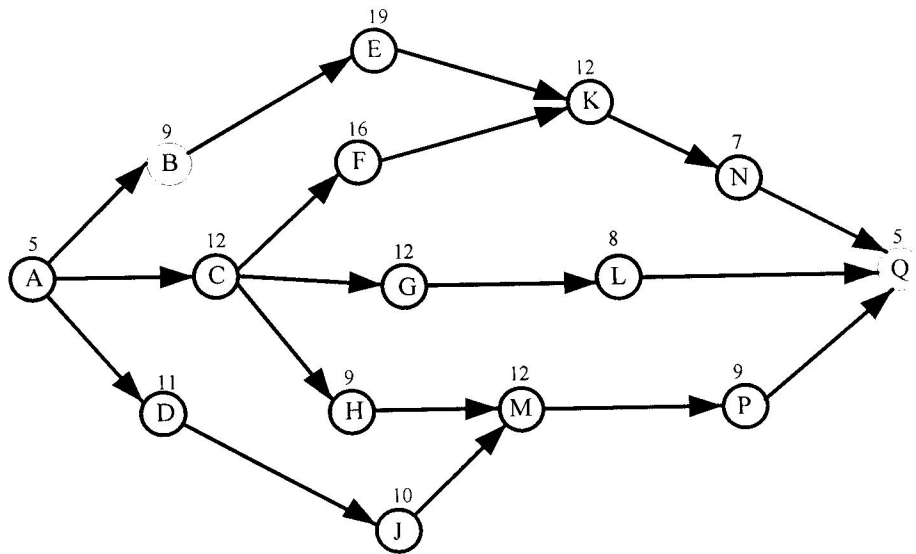
D'où x, et y sont des chiffres entiers.

Cette numérotation permet d'identifier le début et la fin de l'activité, c'est-à-dire l'entame et l'achèvement de la tache.

Cette méthode est difficilement exploitable, voire impossible à exploiter avec la symbolisation aux lettres.

Une fois les données de base (dénomination des opérations et leurs durées), on peut catégoriquement s'en passer du réseau.

Un exemple : soit un réseau a nœuds d'un projet d'une construction de station de pompage :

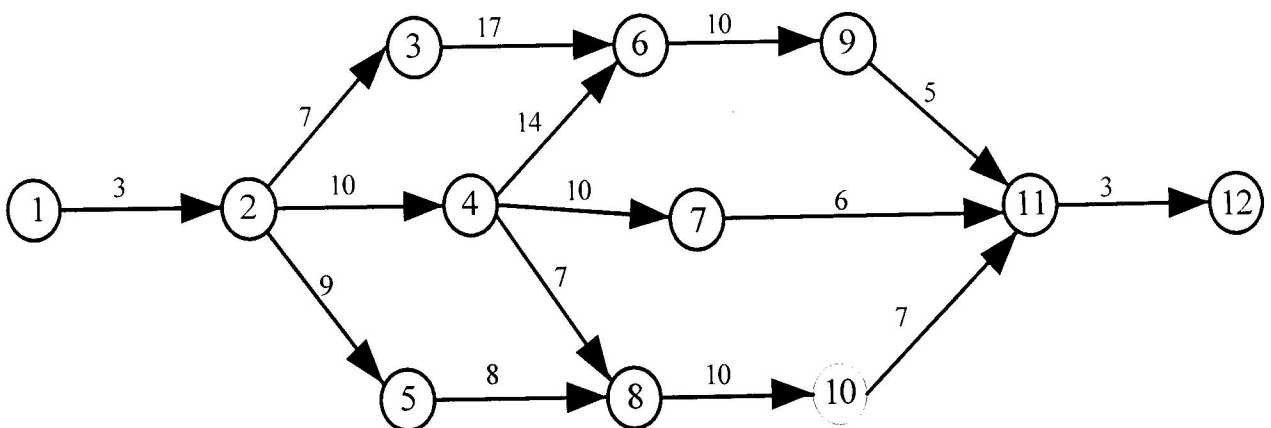


Les opérations : implantation, décapage, excavation,... sont symbolisés par les lettres A, B, C,.....etc. les chiffres situés sur les nœuds indiquent les temps de réalisation.

Pour entreprendre le calcul par la méthode du tableau il est impératif de faire la transformation, sinon le calcul est difficile, voir impossible de le faire.

La transformation veut dire le passage du réseau à nœuds à un réseau a flèches.

Toutefois nous avons omis de porter la dénomination en lettres des opérations sur le réseau a flèches. Les durées (TR) sont portées sur les flèches.



N°	Activités	tr	DP		DPP		MT
			DCP	DFP	DCPP	DFPP	
1	1—2	5					
2	2—3	9					
3	2—4	12					
4	2—5	11					
5	3—6	19					
6	4—6	16					
7	4—7	12					
8	4—8	9					
9	5—8	10					
10	6—9	12					
11	8—10	12					
12	7—11	8					
13	9—11	7					
14	10—11	9					
15	11—12	5					

Dans le tableau qui suit sont introduites les données en couleur noire et le calcul en couleur rouge pour le calcul allé, en couleur verte le couleur verte, et les MT en bleu azur.

A savoir qu'une fois les données introduites, vous n'avez plus besoin du réseau, même pas un simple regard.

N°	Operations	TR	DP		DPP		MT
			DCP	DFP	DCPP	DFPP	
1	1—2	5	0	5	0	5	0
2	2—3	9	5	14	5	14	0
3	2—4	12	5	17	5	17	0
4	2—5	11	5	16	10	21	5
5	3—6	19	14	33	14	33	0
6	4—6	16	17	33	17	33	0
7	4—7	12	17	29	32	44	15
8	4—8	9	17	26	22	31	5
9	5—8	10	16	26	21	31	5
10	6—9	12	33	45	33	45	0
11	7—11	8	29	37	44	52	15
12	8—10	12	26	38	31	43	5
13	9—11	7	45	52	45	52	0
14	10—11	9	38	47	43	52	5
15	11—12	5	52	57	52	57	0

La durée totale du projet est 45, les marges totales critique sont au nombre de 08 (voir les zéros en bleu. Donc nous pouvons constater deux chemins critiques qui sont :

1. CC1 : (1 — 2) + (2 — 3) + (3 — 6) + (6 — 9) + (9 — 11) + (11 — 12)

$$\Sigma TR : 5 + 9 + 19 + 12 + 7 + 5 = 57$$

$$2. \text{ CC2 : } (1 - 2) + (2 - 4) + (4 - 6) + (6 - 9) + (9 - 11) + (11 - 12)$$

$$\Sigma TR : 5 + 12 + 16 + 12 + 7 + 5 = 57$$

**Remarque :**

Si dans un réseau on est en présence de contraintes fictives, alors afin d'éviter de mauvaises surprises pouvant induire à des résultats erronés, il y a lieu d'introduire ces contraintes dans la colonne "Operations", et bien évidemment leurs TR doivent être mentionnés égal à zéro (0).

Dans les exercices suivants seront introduites des contraintes fictives, afin de bien illustrer le calcul par la méthode du tableau en présence de contraintes fictives.

## VI : la charte de Gantt, et le planning

Les diagrammes à barres traduisent effectivement une évolution dans le temps, mais chaque barre ne fait que représenter une succession de tâches effectuées par un homme, une équipe, ou une machine. Rien n'y traduit les interdépendances entre tâches, dues à la technique, ou au fait que les utilisations des hommes et des machines sont liées.

Le diagramme à barres se réalise d'après le réseau.

À l'origine Gantt a proposé un diagramme représenté comme suit :



Ensuite elle a évolué pour avoir enfin la forme que nous lui connaissons aujourd'hui.

La méthode basée sur le graphique a pour objectif de donner le diagramme de GANTT appelé couramment le planning des travaux. C'est la méthode des barres. Elle a l'avantage d'être très lisible, et très accessible au personnel technique de l'entreprise, notamment sur chantier.

Il existe trois types de plan de travail

Plan de travail au plus tôt :

Toutes les opérations commencent à leur date au plus tôt, l'entreprise opte pour ce type de planning lorsqu'elle est riche en moyens et travaille sur plusieurs chantiers.

Plan de travail au plus tard :

Toutes les opérations commencent à leur date au plus tard ; les tâches ne sont pas retardées, l'entreprise opte pour ce type de planning quand ses moyens sont limités (plus économique).

Plan de travail intermédiaire :

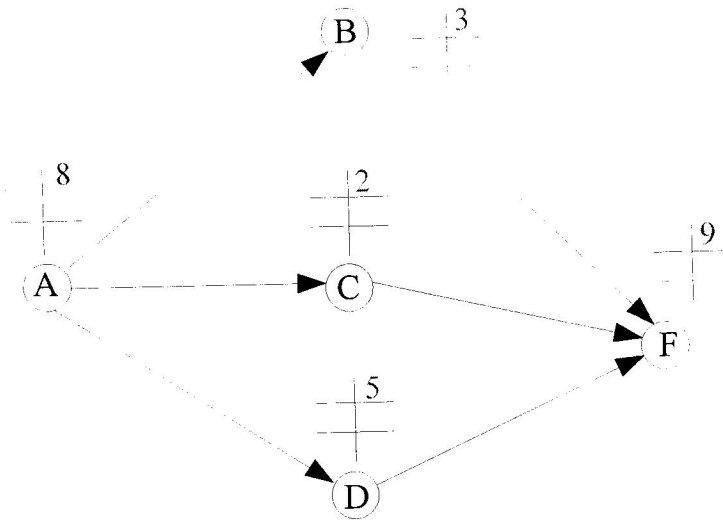
Les opérations commencent à une date intermédiaire, entre date au plus tôt et date au plus tard, l'entreprise opte pour ce type de planning quand elle est riche et travaille sur un seul chantier (moyens parfaits).

N°	Activités	TR	Durées (mois)																	Observations
			0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20							
1	A	3	-----																	
2	B	4			-----															
3	C	6			-----															
4	D	3				-----														
5	E	6					-----													
6	F	3								-----										
7	G	6										-----								

## VII. Les exercices

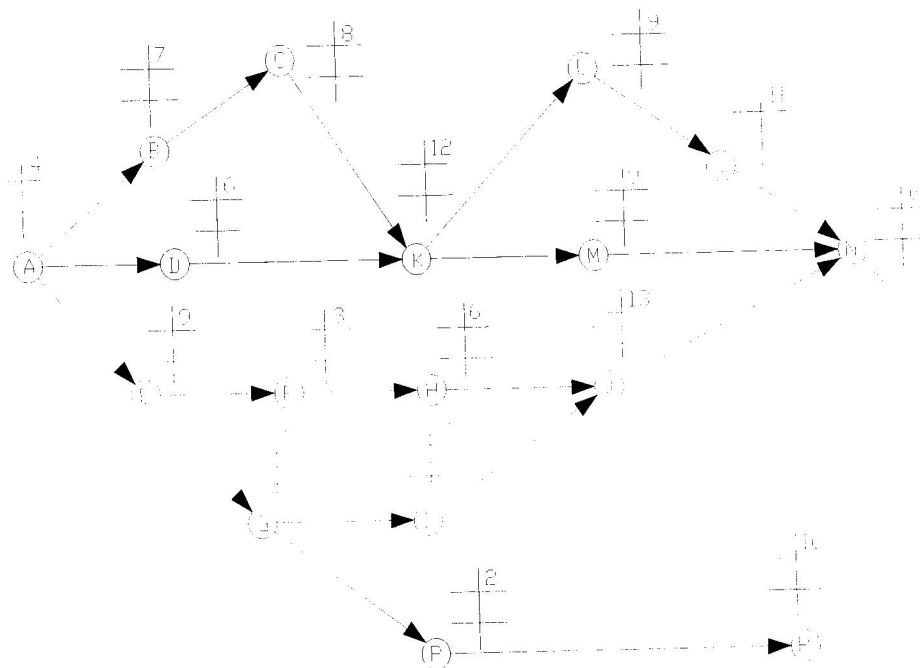
### Exercice 1 :

Ce graphe est un réseau semi élémentaire à nœuds, donner son équivalent à flèches. Déterminer la DTP, par la méthode des potentiels.



### Exercice 2 :

Établir la liste des tâches, les temps de réalisation de chaque opération, et les tâches précédentes, et succédantes.



**Exercice 3 :**

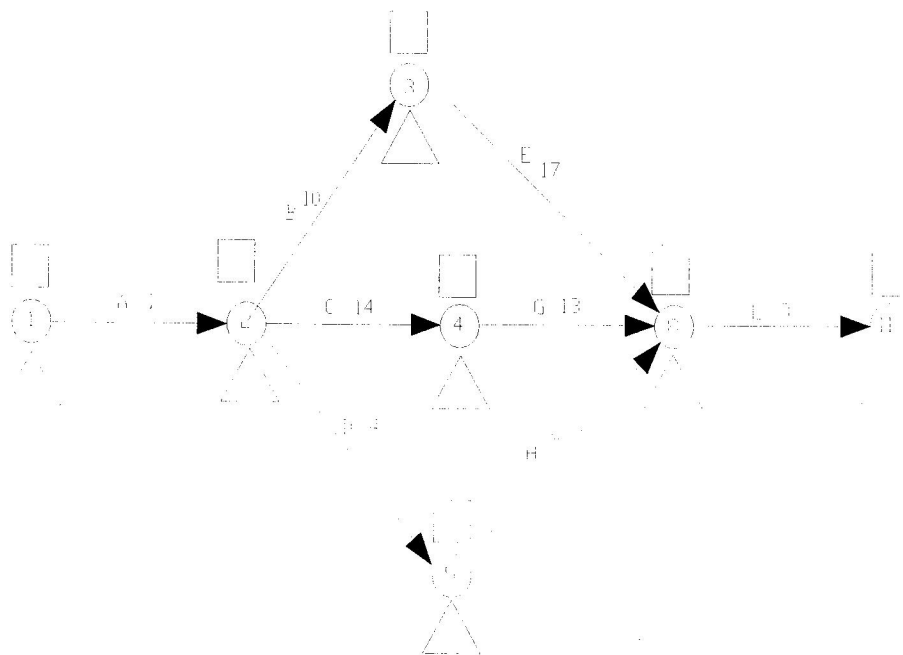
Un projet de réalisation d'un évacuateur de crues est éclaté en tâches élémentaires dont les données figurent dans le tableau suivant :

OPERATION	TR	SUCCEDE	PRECEDE
I	3	E	M
B	8	A	E, F
K	10	G	M, N
J	14	F, G	M
C	11	A	G
N	9	K	Q
E	7	B	I
Q	11	M, N, L	----
A	15	----	B, C, D
F	12	B	J
L	6	H	P
D	2	A	G, H
M	5	I, J, K	Q
G	8	C, D	J, K
P	5	L	Q
H	3	D	L

Le projet, faire les calculs allé et retour.

**Exercice 4 :**

Ce graphe est un réseau relativement élémentaire, donner son équivalent a nœuds. Déterminer la DTP, et le chemin critique par la méthode du réseau a flèches.





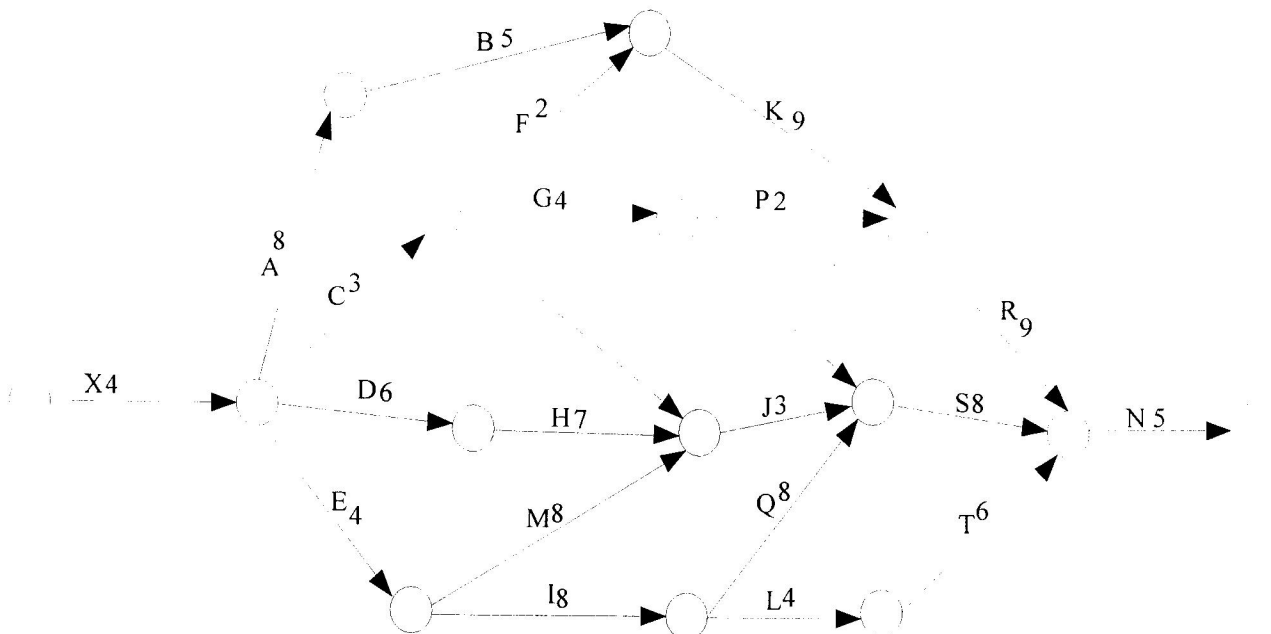
**Exercice 5 :**

Déterminer le chemin critique du réseau a flèches :

Opérations	TR	SUCCEDE	PRECEDE
A	2	B , G	-
B	4	L , M , J	A
C	7	D	J , K
D	3	E	C , I , H
E	5	-	D , F
F	8	E	K
G	7	K	A
H	3	D	L , M
I	9	D	M , J
J	5	C	B
K	4	C , F	G
L	3	H	B
M	4	H , I	B

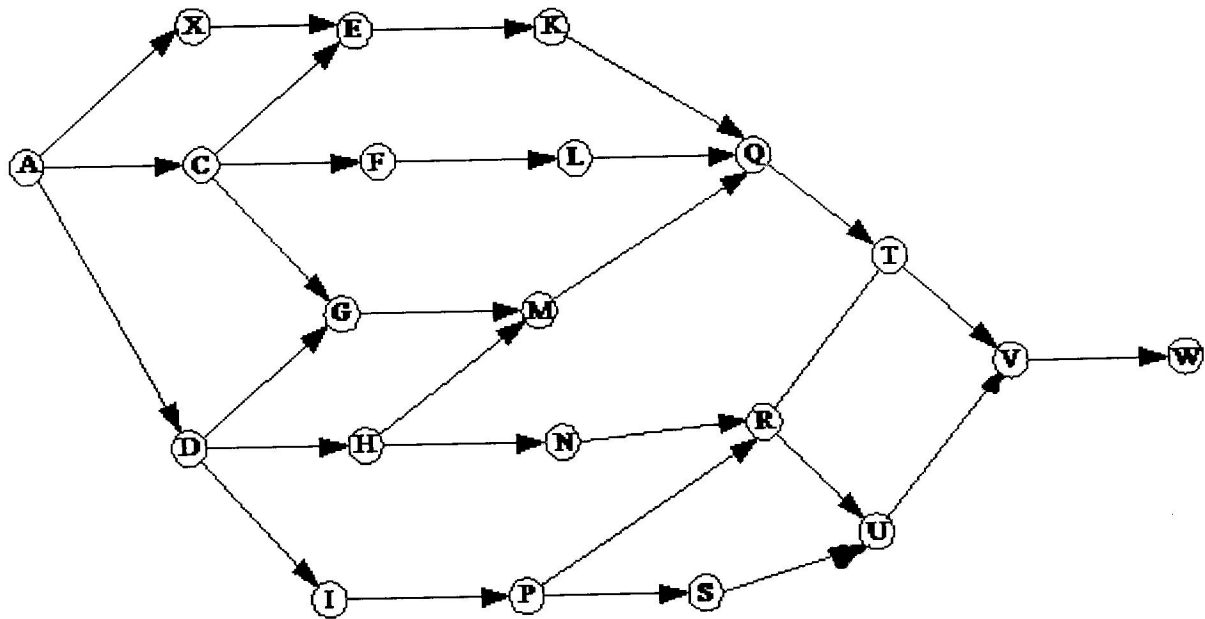
**Exercice 6 :**

- Numéroté les nœuds.
- Déterminer la DTP, et le chemin critique du réseau a flèches.



**Exercice 7 :**

Donner la forme matricielle du réseau suivant :



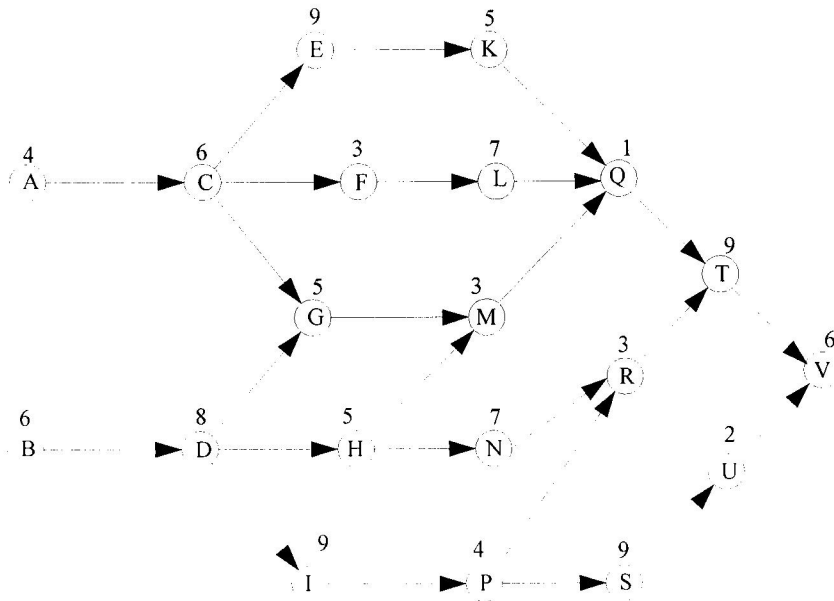
**Exercice 8 :**

Se basant sur la forme matricielle, dessiner les réseaux a nœuds et a flèches.

	Extrémités des taches																tr	
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	P	Q		S
A															•		•	5
B														•				3
C																•		8
D						•			•									4
E											•							9
F	•									•								7
G		•											•					1
H				•														5
I										•								2
J															•			8
K			•												•			3
L							•	•										7
M					•									•				4
N											•							6
P																•		5
Q																	•	3
S																•		5

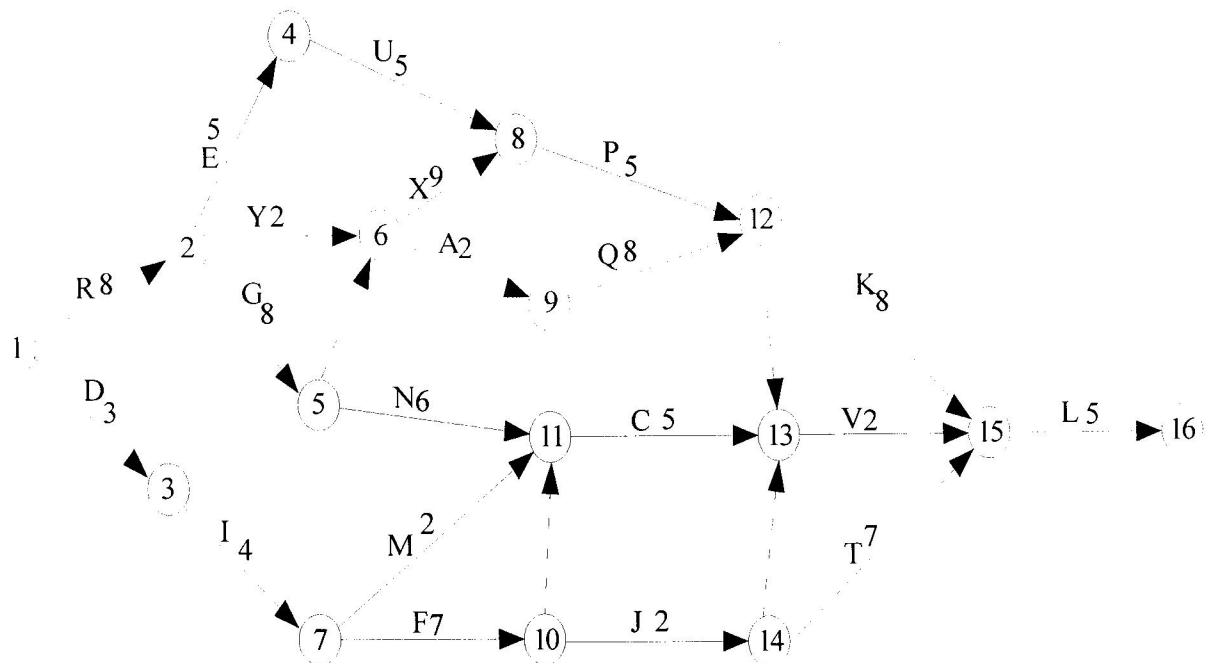
**Exercice 9 :**

Après transformation, déterminer le chemin critique, par la méthode du réseau a flèches.



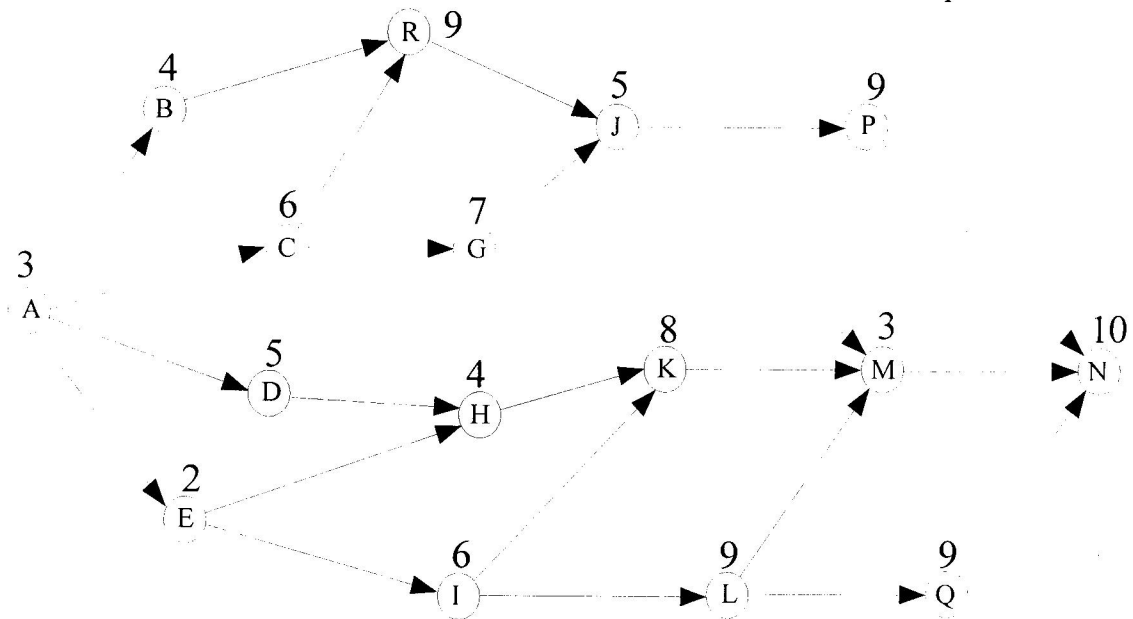
**Exercice 10 :**

Après transformation, déterminer le chemin critique, par la méthode du réseau a nœuds.



**Exercice 11 :**

Déterminer la DTP et le CC par la méthode du tableau se basant sur le réseau équivalent à flèches.



**Exercice 12 :**

Selon les données suivantes vérifier la transformation :

Activités	tr	Précède	Succède
A	3	—	C , D
B	5	—	E , F
C	6	A	G
D	7	A	G , H
E	2	B	H
F	9	B	H , I
G	10	C , D	J
H	12	D , E , F	K
I	7	F	L
J	4	G	M
K	9	H	M , N
L	3	I	N
M	8	J , K	P
N	10	K , L	P
P	14	M , N	—

**Exercice 13 :**

D'après la forme matricielle suivante déterminer la DTP, les TC, et le ou les CC par la méthode du tableau.

		Extrémités des taches																				D <sub>ij</sub>							
		X	K	B	Z	C	D	E	F	G	H	I	J	A	L	M	N	P	Q	R	S		T	U	V	Y	O	W	
Origines des activités	Y																									•		5	
	V				•																								6
	K																			•									5
	B						•	•	•																				3
	C		•							•	•																		6
	D											•																	3
	E												•							•									8
	F		•																										8
	G													•						•									5
	H															•													3
	I																				•								8
	J																				•								7
	A			•		•																							6
	L																•												7
	M																•	•											5
	N																							•			•		5
	P																							•			•		9
	Q																							•	•				9
	U	•																											3
	S																									•			9
	T	•																											2
	R																					•	•						3
	X																										•		8
	Z																										•		7
	W				•																								3
	O																												2

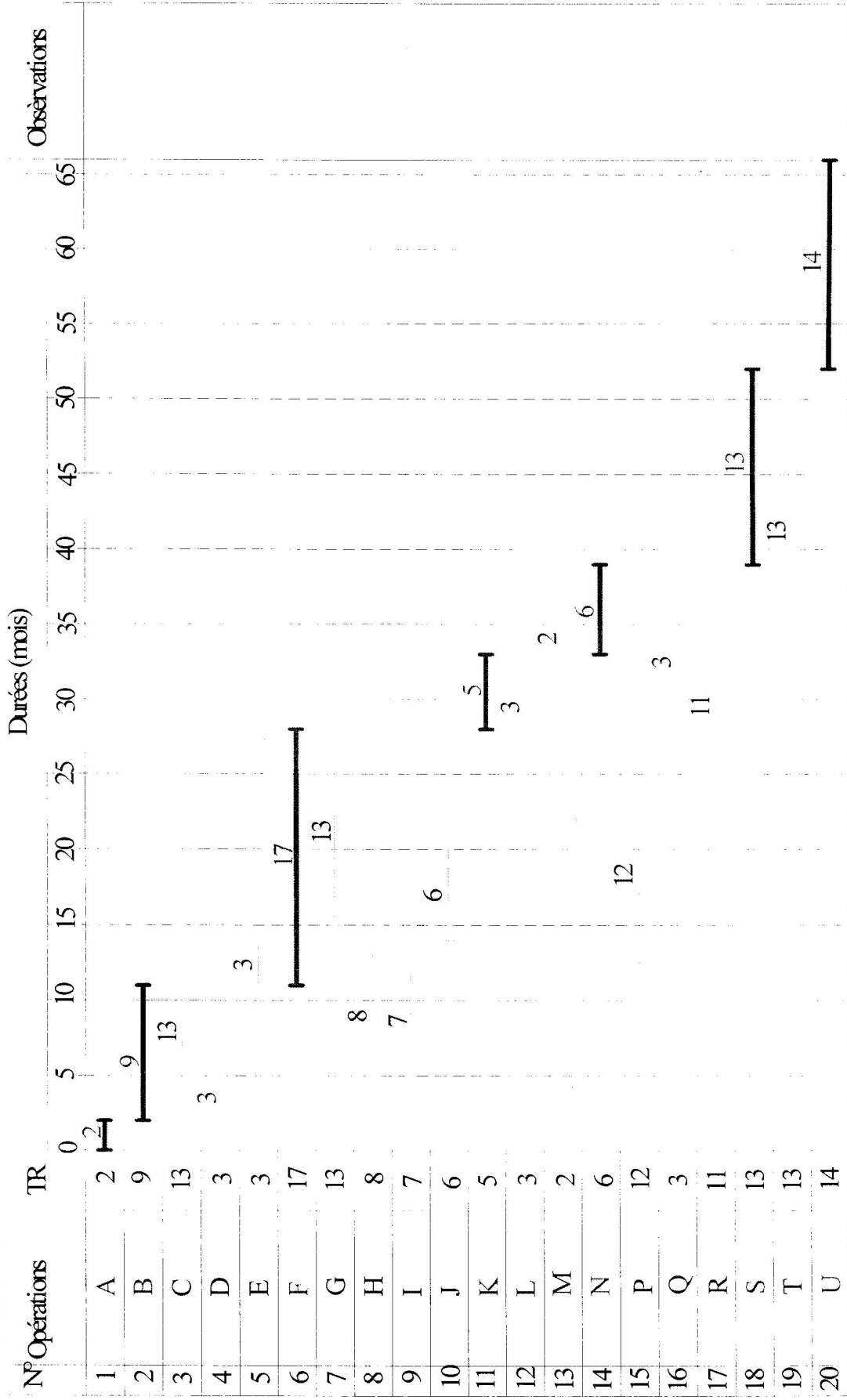
**Exercice 14 :**

Soit un projet de barrage éclaté en opérations, et représentés en lettres alphabétiques. Les tâches ont été listées dans le tableau suivant. Les tâches précédentes et succédantes y sont représentées. Dessiner le diagramme de Gantt sur la base des calculs du réseau (à nœuds ou à flèches).

Operations	TR	SUCCEDE	PRECEDE
X	8	A, E, F	—
A	9	B, C	X
E	10	P, Q	X
F	4	R	X
B	9	D	A
C	8	D	A
D	8	P	B, C
Q	6	T	E
P	7	T	E, D
R	8	T	F
G	8	T	M, N
T	9	—	P, Q, R, S
H	3	T	E

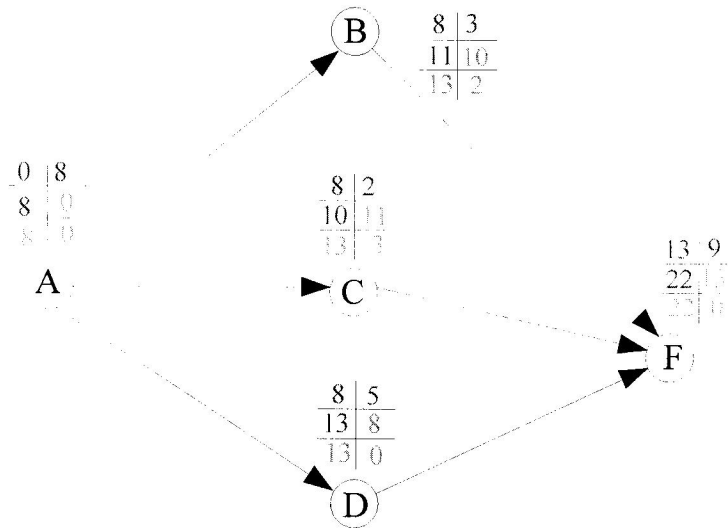
**Exercice 15:**

A partir du planning suivant, vérifier est ce que la durée totale du projet est bien définie. Il s'agit en effet d'extraire de ce diagramme de Gantt le réseau qui a permis la construction de ce planning, et comment a été identifié le CC.



## VIII. Les solutions

*Solution 1 :*

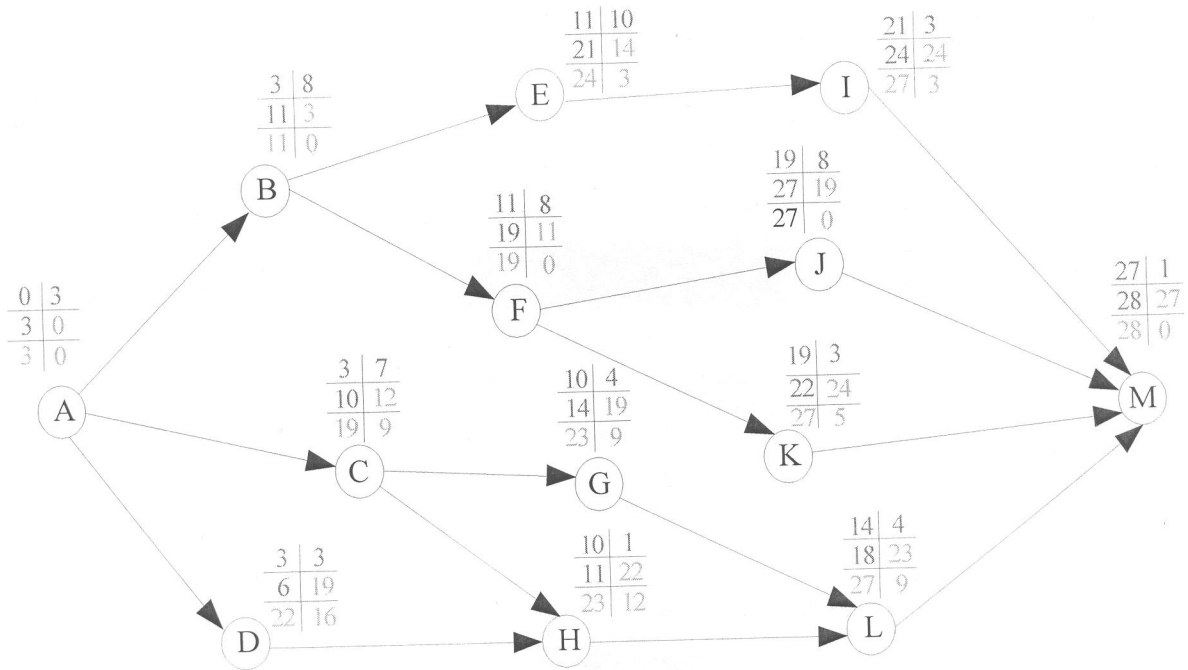


*Solution 2 :*

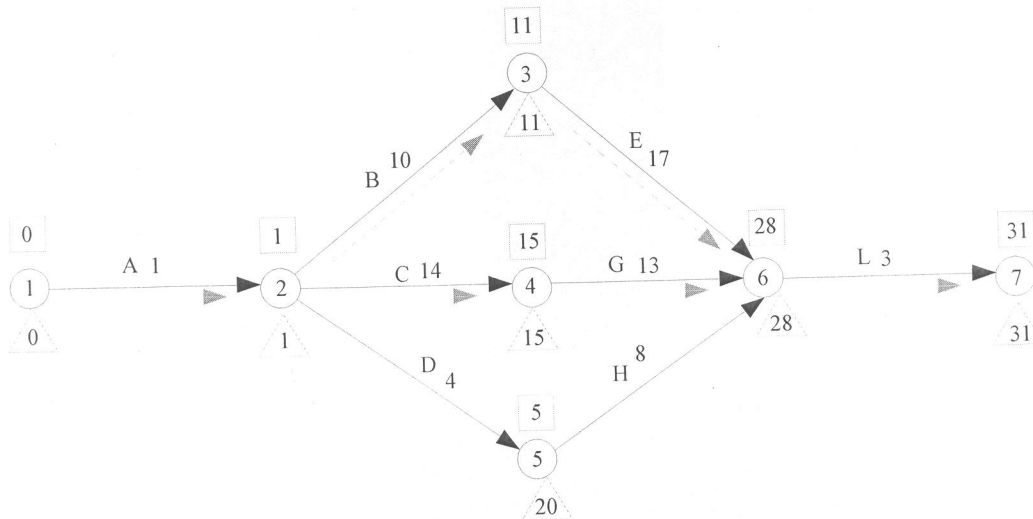
Liste des taches	tr	Succède	Précède
A	4	B, D, E	—
B	7	C	A
C	8	K	B
D	6	K	A
E	9	F, G	A
F	3	H	E
G	5	I, P	E
H	6	J	F
I	7	J	G
J	13	N	H, I
K	12	L, M	C, D
L	9	S	K
M	9	N	K
N	6	Q	S, M, J
P	2	R	G
Q	3	—	N, R
R	10	Q	P
S	11	N	L



**Solution 3 :**

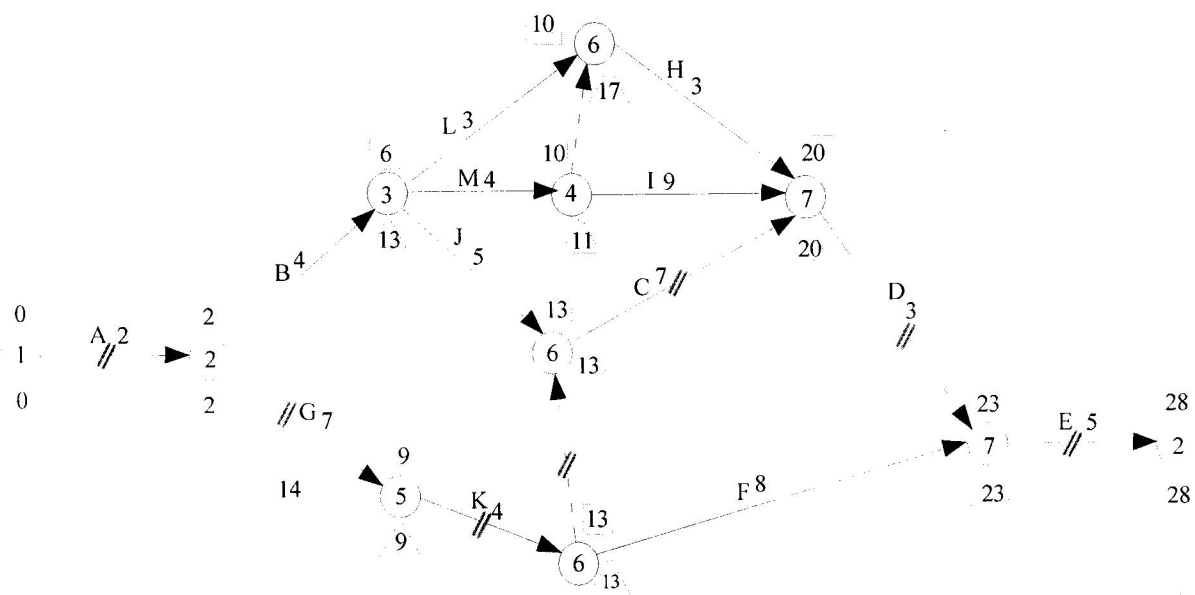


**Solution 4 :**

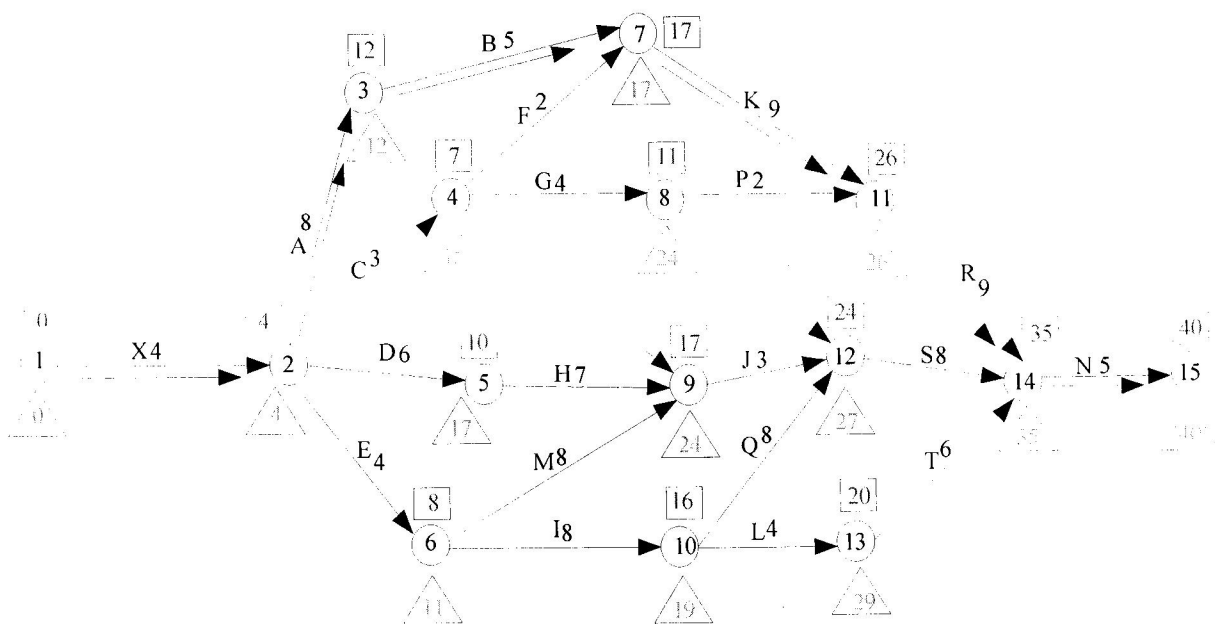


La DTP est égale 31, et nous avons deux chemins critiques.

**Solution 5 :**



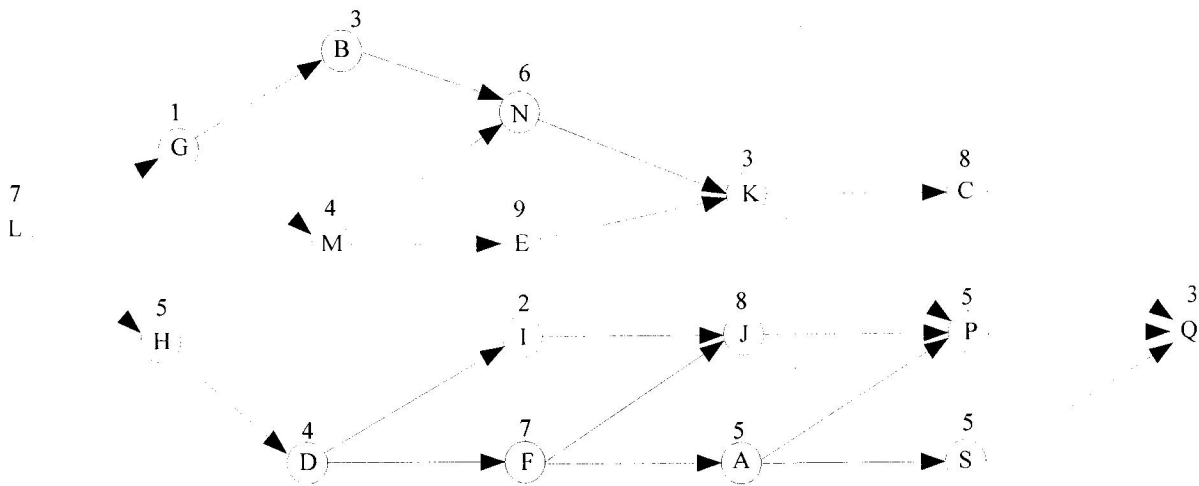
**Solution 6 :**

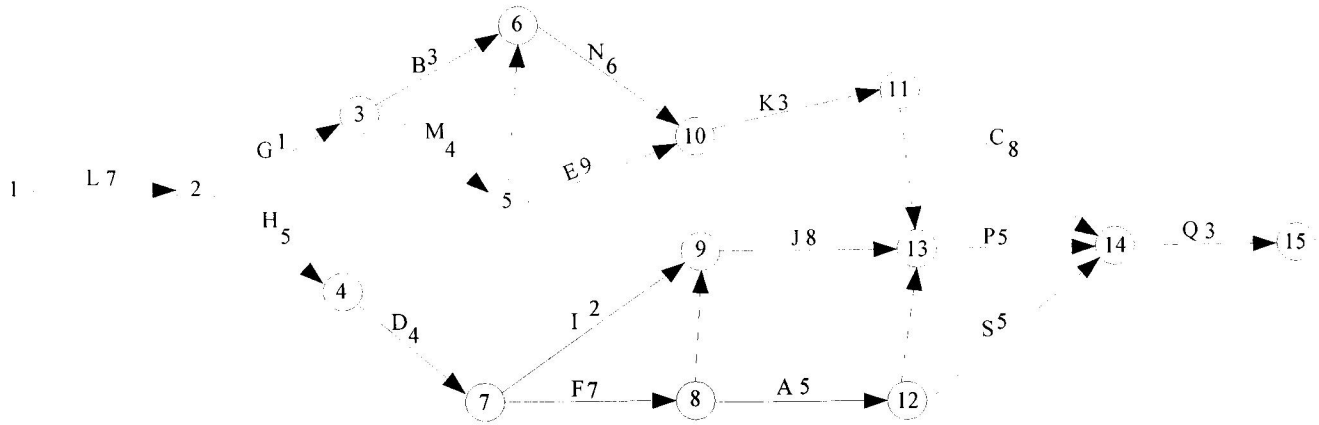


**Solution 7 :**

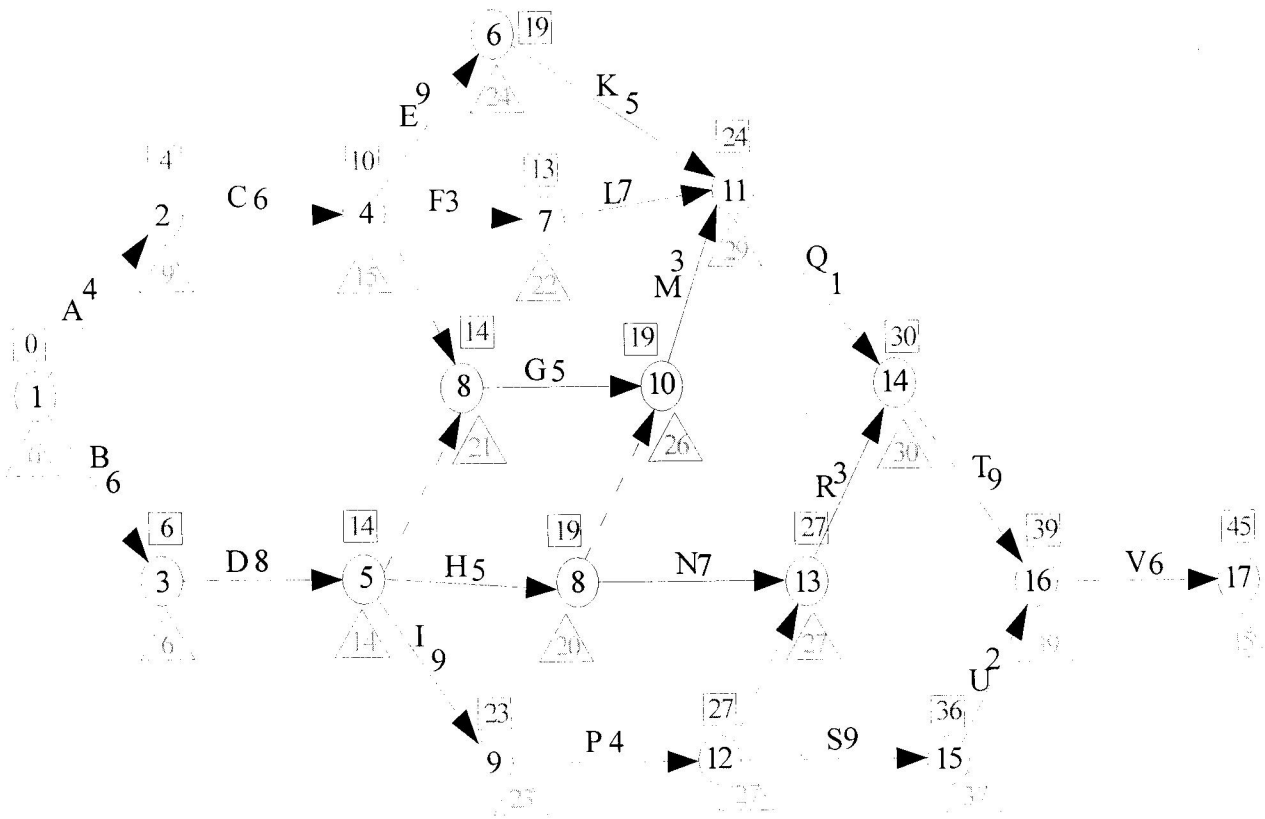
		Extrémités des taches																					
		A	X	C	D	E	F	G	H	I	S	K	L	M	N	P	Q	R	T	U	V	W	
Origines des activités	A	•	•	•																			
	X				•																		
	C				•	•	•																
	D					•	•	•	•	•													
	E										•												
	F											•											
	G												•										
	H												•	•									
	I														•								
	S																				•		
	K																	•					
	L																	•					
	M																	•					
	N																		•				
	P										•								•				
	Q																			•			
	R																			•	•		
	T																					•	
	U																					•	
	V																						•
W																						•	

**Solution 8 :**

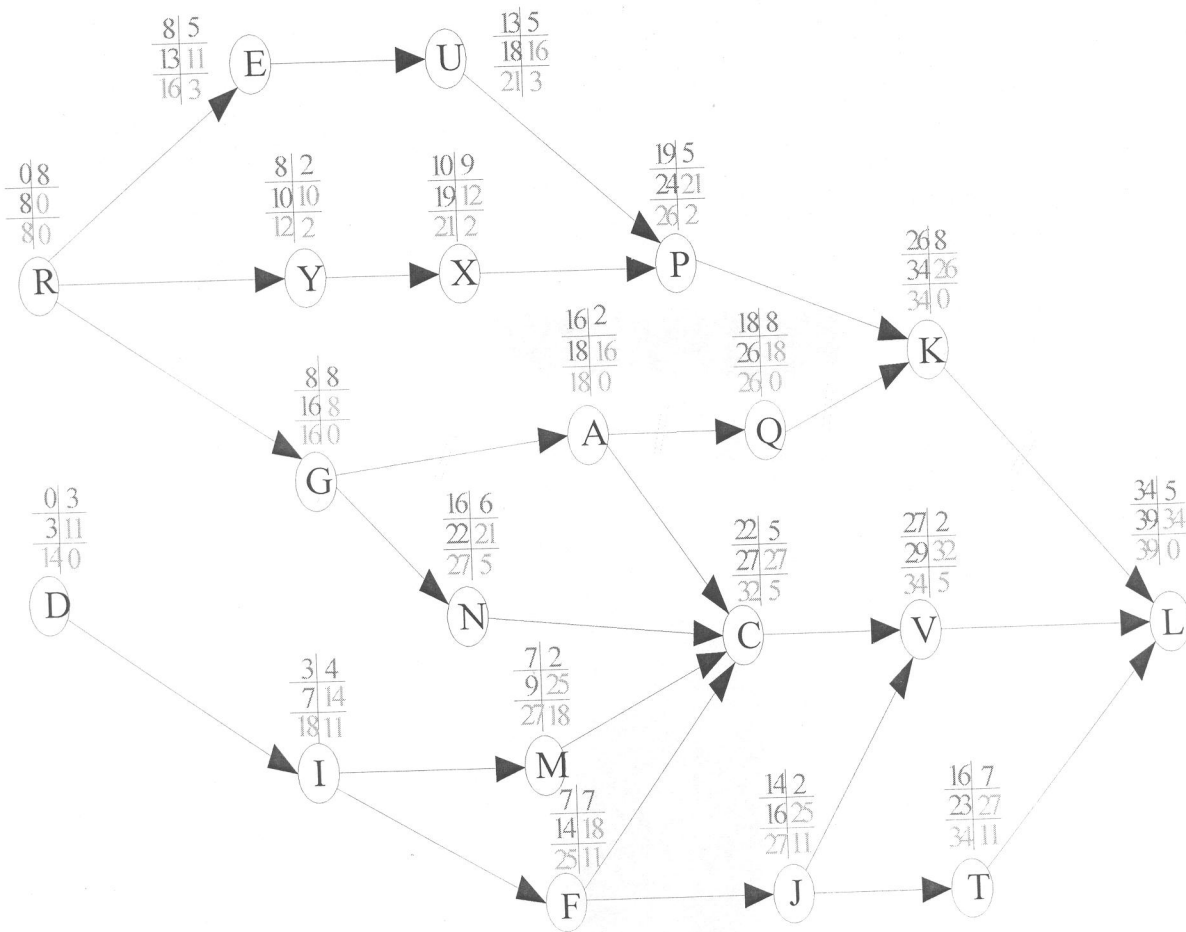




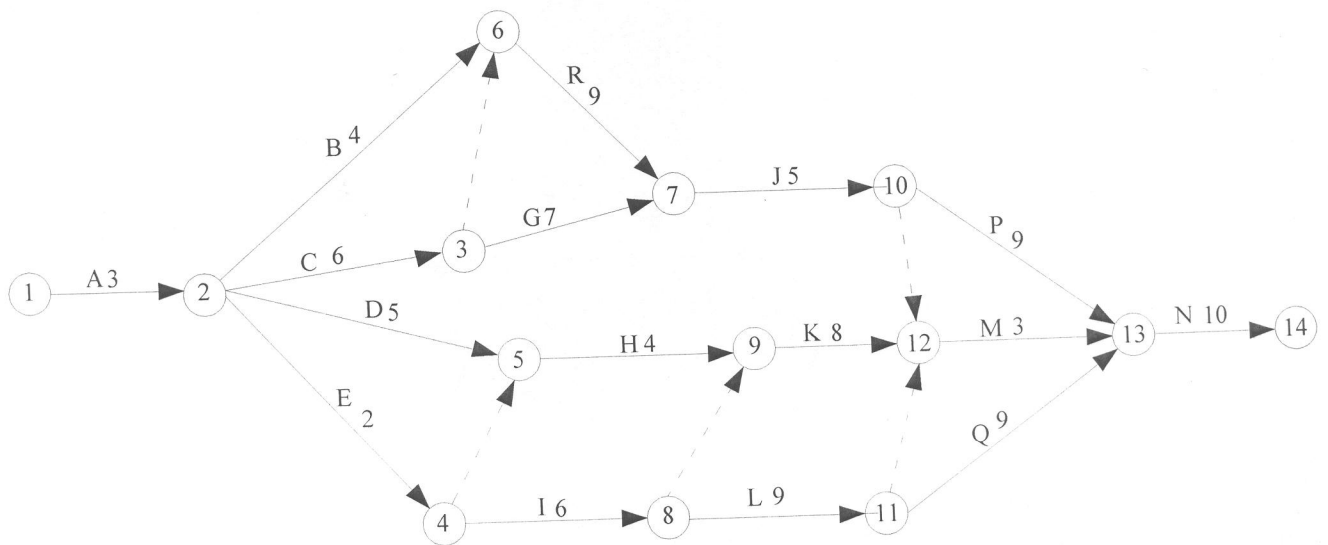
**Solution 9 :**



**Solution 10 :**



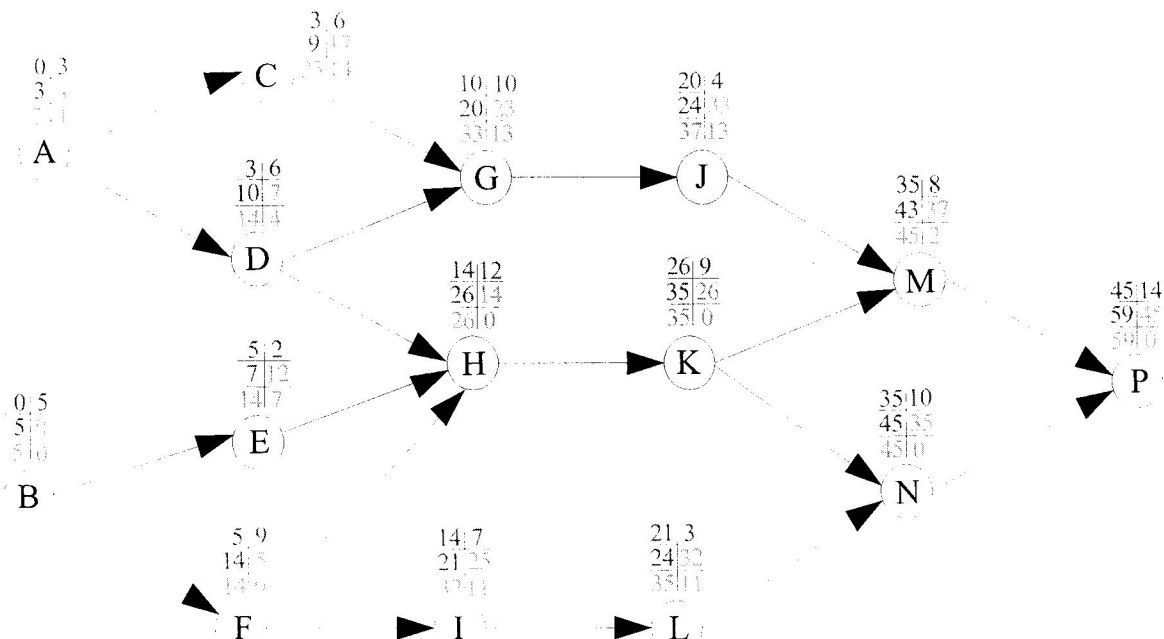
**Solution 11 :**

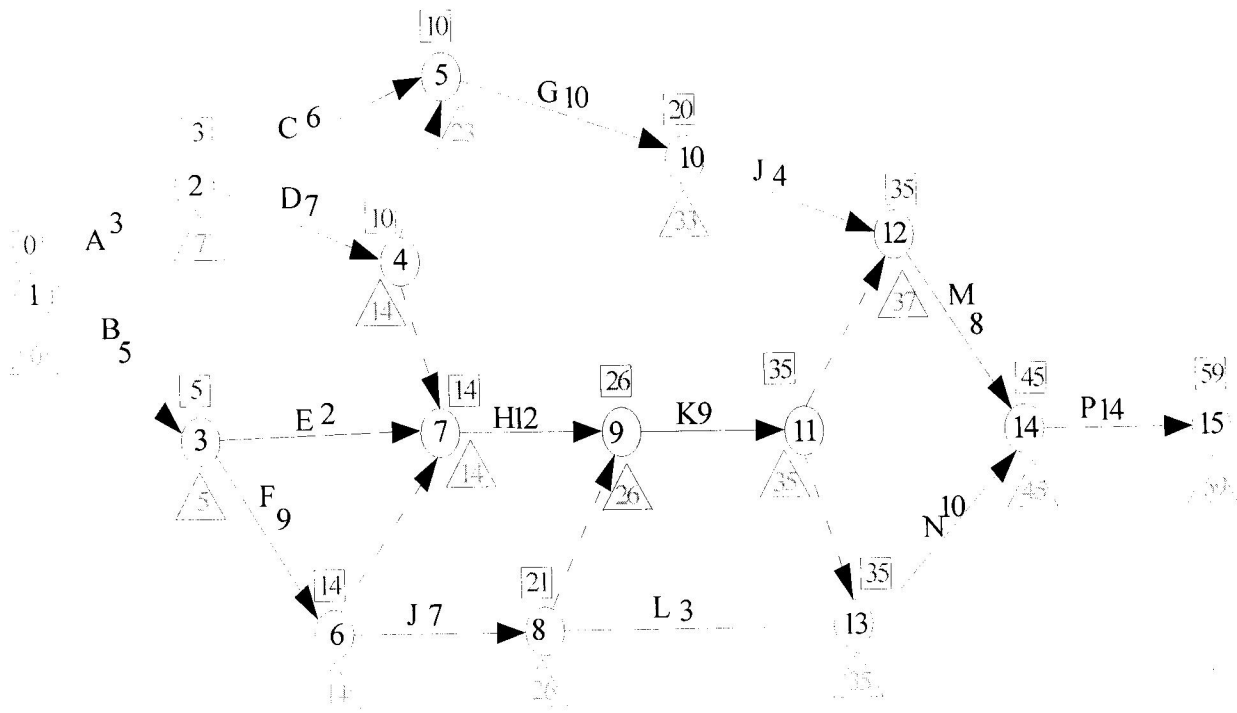


Opération	TR	D.P		D.F.P		M.T
		D.C.P	D.F.P	D.C.P.P	D.F.P.P	
1-2	3	0	3	0	3	0
2-3	6	3	9	3	9	0
2-4	2	3	5	6	8	3
2-5	5	3	8	12	17	9
2-6	4	3	7	5	9	2
3-6	0	9	9	9	9	0
4-5	0	5	5	17	17	12
3-7	7	9	16	11	18	2
4-8	6	5	11	8	14	3
5-9	4	8	12	17	21	9
6-7	9	9	18	9	18	0
7-10	5	18	23	18	23	0
9-12	8	12	20	21	29	9
8-9	0	11	11	21	21	10
8-11	9	11	20	14	23	3
10-12	0	23	23	29	29	6
10-13	9	23	32	23	32	0
11-13	9	20	29	23	32	3
11-12	0	20	20	29	29	9
12-13	3	23	26	29	32	6
13-14	10	32	42	32	42	0

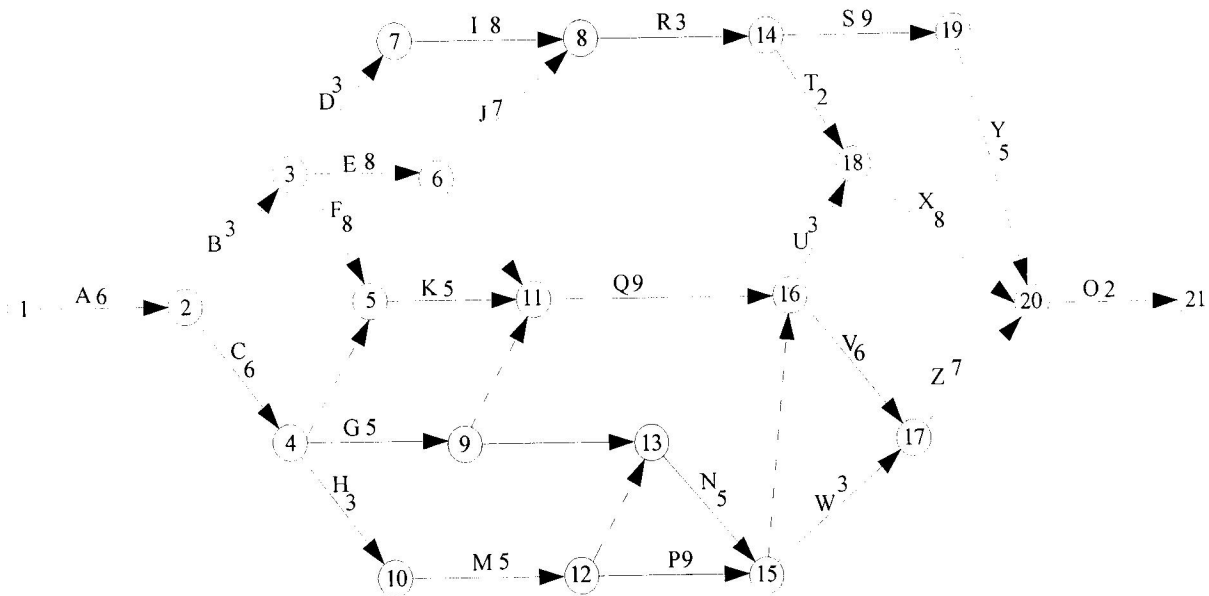
$$CC=(1-2)+(2-3)+(3-6)+(6-7)+(7-10)+(10-13)+(13-14) = 3+6+0+9+5+9+10 = 42$$

**Solution 12 :**





**Solution 13 :**



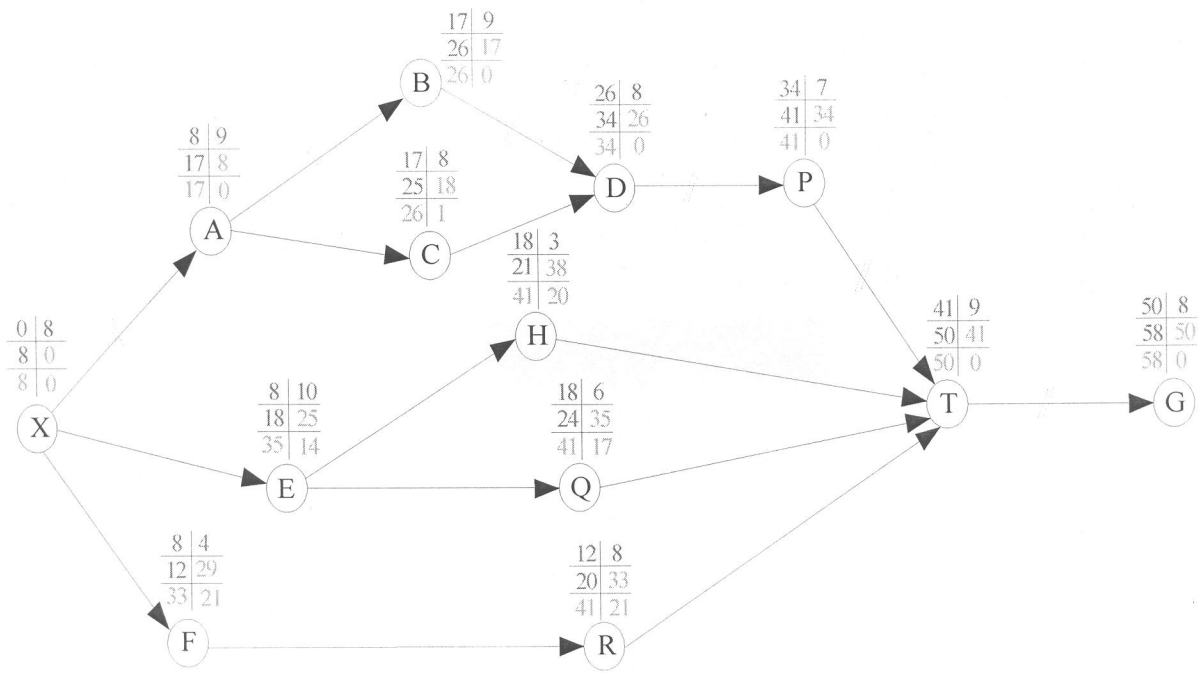
Opération	TR	D.P		D.F.P		M.T
		D.C.P	D.F.P	D.C.P.P	D.F.P.P	
1—2	6	0	6	0	6	0
2—3	3	6	9	6	9	0
2—4	6	6	12	8	14	2
3—5	8	9	17	9	17	0
3—6	8	9	17	12	20	3
3—7	3	9	12	16	19	7
4—5	0	12	12	17	17	5
4—9	5	12	17	14	19	2
4—10	3	12	15	14	17	2
5—11	5	17	22	17	22	0
6—8	7	17	24	20	27	3
6—11	0	17	17	22	22	5
7—8	8	12	20	19	27	7
8—14	3	24	27	27	30	3
9—11	0	17	17	22	22	5
9—13	7	17	24	19	26	2
10—12	5	15	20	17	22	2
11—16	9	22	31	22	31	0
12—13	0	20	20	26	26	6
12—15	9	20	29	22	31	2
13—15	5	24	29	26	31	2
14—18	2	27	29	34	36	7
14—19	9	27	36	30	39	3
15—16	0	29	29	31	31	2
15—17	3	29	32	34	37	5
16—17	6	31	37	31	37	0
16—18	3	31	34	33	36	2
17—20	7	37	44	37	44	0
18—20	8	34	42	36	44	2
19—20	5	36	41	39	44	3
20—21	2	44	46	44	46	0

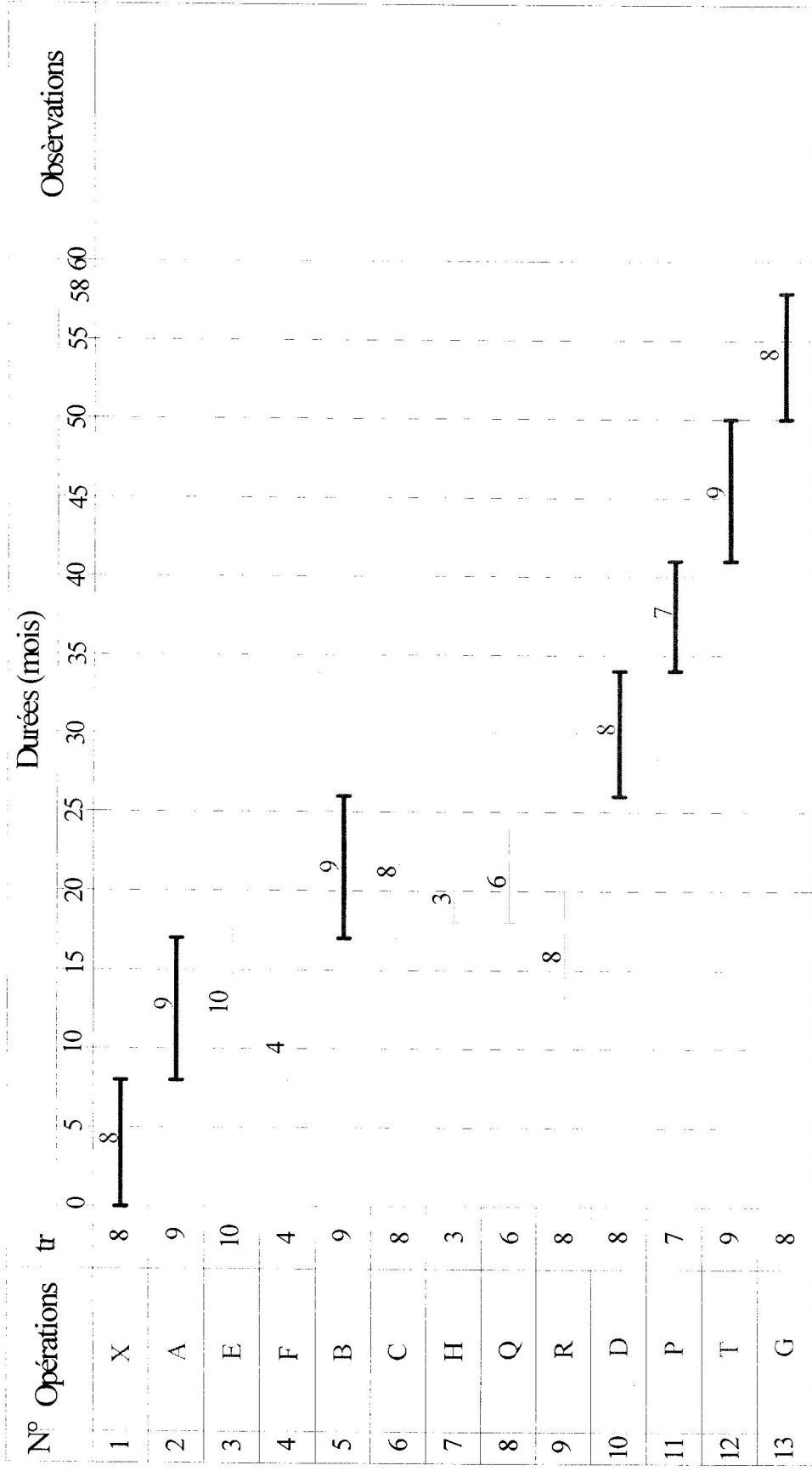
$$CC=(1-2)+(2-3)+(3-5)+(5-11)+(11-16)+(16-17)+(17-20)+(20-21) =$$

$$\Sigma \text{tr sur le CC}=6+3+8+5+9+6+7+2 = 46$$



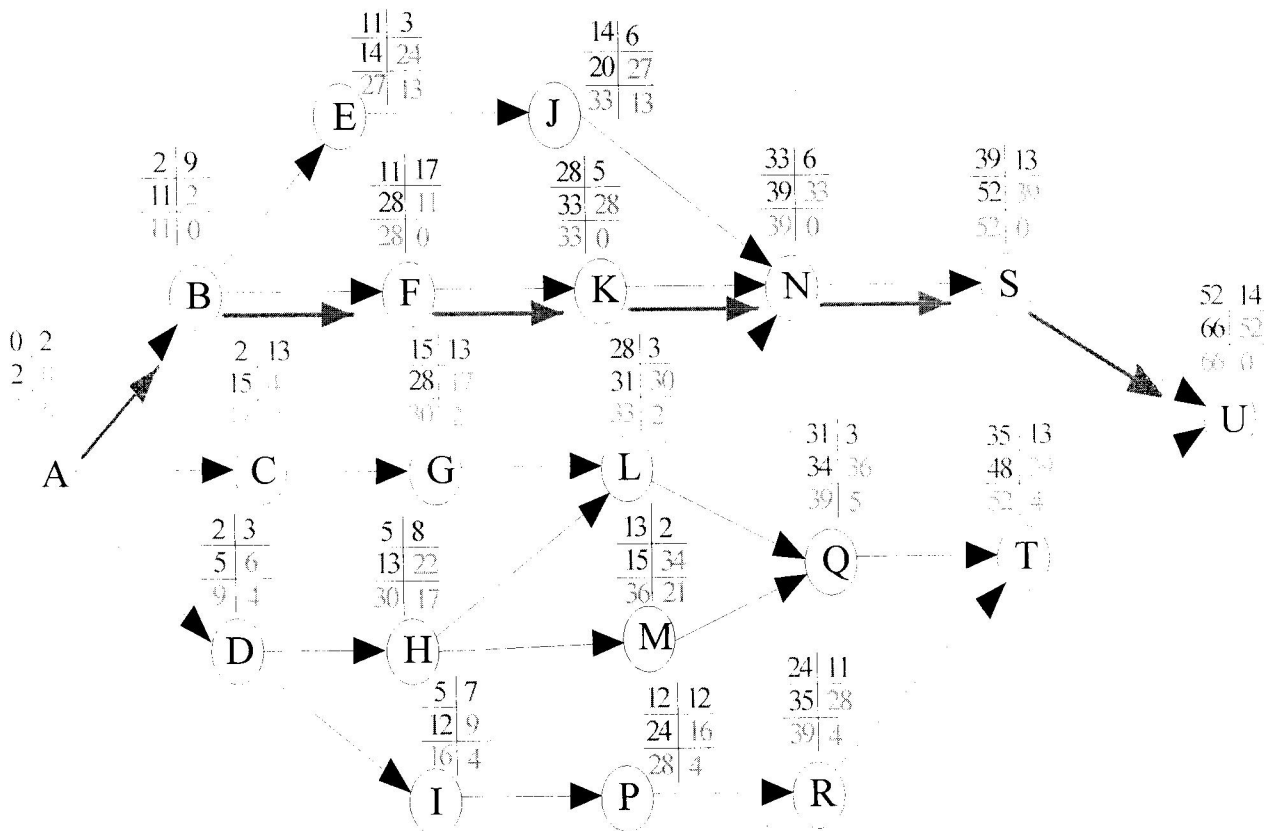
**Solution 14 :**





**Solution 15 :**

Liste des taches	tr	Succède	Précède
A	4	B, D, E	—
B	7	C	A
C	8	K	B
D	6	K	A
E	9	F, G	A
F	3	H	E
G	5	I, P	E
H	6	J	F
I	7	J	G
J	13	N	H, I
K	12	L, M	C, D
L	9	S	K
M	9	N	K
N	6	Q	S, M, J
P	2	R	G
Q	3	—	N, R
R	10	Q	P
S	11	N	L
T			
U			



## Conclusion

Je veux à travers cet ouvrage compiler mes cours dispensés depuis 1998 à ce jour. Ces cours ont été améliorés et enrichis au fil des années, faisant aujourd'hui le programme du module d'organisation de chantier II. Ce module enseigné en troisième année du second cycle à l'Ecole Nationale Supérieure d'Hydraulique-ENSH Blida Algérie a changé de nom pour être appelé depuis la création du système LMD "Management de projet".

Il est bien évident que la compréhension par l'étudiant ne peut être totale qu'avec le complément d'informations données par l'enseignant. Aussi il faut parfois faire appel à la documentation spécialisée (organisation de chantier I, mécanique des roches, et mécanique des sols, hydraulique) pour mieux assimiler le sujet.

Il est important de signaler que les problèmes de gestion des projets posés par les chantiers de construction de petits ouvrages sont pratiquement du même type que ceux rencontrés sur les chantiers des grands ouvrages hydrauliques.

Ce sont, par contre les moyens mis en œuvre lors de la réalisation des grands ouvrages hydrauliques qui sont beaucoup plus importants du point de vue coûts.

Toutefois, les ingénieurs formés à l'ENSH ne sont pas sensés avoir les connaissances d'un planificateur ou d'un statisticien, néanmoins ils doivent connaître les rudiments essentiels de ces deux disciplines pour mieux appréhender les problèmes qui se pose à lui lors des différentes phases d'études, et d'exécution des ouvrages hydrauliques.

Enfin, Je tiens à souligner que ce polycopié pédagogique a vu le jour grâce au confinement engendré par le covid19.

## Bibliographie

- ARMAND J., HAXAIRE P., Coordonner une opération de travaux, Edition du Moniteur, 1999.
- ARMAND J., RAFFESTIN Y., 140 séquences pour mener une opération de construction, Edition du Moniteur, 1997.
- ARMAND J., RAFFESTIN Y., Préparation et organisation du chantier. Planification et suivi des travaux. Achèvement de l'ouvrage, Edition du Moniteur, 1999.
- BATTERSBY. A., Méthodes modernes d'ordonnancement- Graphes et chemin critique. DUNOD Paris 1976.
- D.CARRÉ et al. Les problèmes d'ordonnancement- Applications et méthodes. DUNOD Paris 1964.
- KAUFMANN. A., DESBAZEILLE. G, La méthode du chemin critique. DUNOD Paris 1966.