



MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA

RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE DE JIJEL

FACULTE DES SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE

DEPARTEMENT DE GENIE CIVIL ET HYDRAULIQUE

Cours Organisation De Chantier

Spécialité : GÉNIE CIVIL

Niveau : 3 Licence

PERT ET GANT

Dr. Benmessaoud Sabah

2020

I - FONCTIONS.

PERT : *Program Evaluation and Review Technique* (Technique d'organisation et de contrôle des projets).

La méthode PERT est une méthode d'ordonnancement de projets importants à long terme, permettant la coordination optimale des tâches constituant ce projet.

La méthode permet :

- La prise en compte des différentes tâches à réaliser et des antériorités à respecter entre ces tâches.
- La détermination de la durée globale du projet et des tâches qui la conditionnent.
- La détermination des tâches pour lesquelles du temps est disponible (notion de marge).
- La détermination des dates "**au plus tôt**" et "**au plus tard**" pour lancer chaque tâche.
- L'établissement d'un planning d'exécution et d'enchaînement des tâches, voir "**planning de Gantt**".
- La gestion des moyens logistiques (matériel) et humains (effectif) intervenant sur le projet.

L'aphorisme vieux comme le monde : « Si on ne sait pas où on va, on est sûr de ne pas y arriver ! » est depuis 50 ans associé à des méthodes qui le rationalisent à outrance afin d'arriver au but fixé, et le plus tôt possible, particulièrement dans le cadre de projets industriels aux enjeux financiers évidents.

Crée en 1958, la méthode PERT (*Program evaluation and review technique* ou méthode des « potentiel-étapes ») est la base de l'ordonnancement de projet. Elle évolue, se perfectionne, voire se complexifie, mais aucune révolution n'est à noter.

La planification opérationnelle, puis la coûtenance (ou la maîtrise/le contrôle des coûts), sont devenues les outils incontournables du management de projet d'aujourd'hui ; ce chapitre synthétise l'histoire de cette discipline.

1.1 La recherche opérationnelle : l'outil mathématique

Au XVII^e siècle Descartes pose les bases de la décomposition d'un problème complexe en éléments simples, c'est le principe de la méthode d'analyse et de structuration des projets actuels. À la même époque Pascal et Pierre de Fermat inventent la notion d'« espérance mathématique », la théorie des probabilités se développe, diverge vers différentes branches, comme notamment, depuis le milieu du siècle dernier, la **recherche opérationnelle**.

À la veille de la guerre 1939-1945, Leonid Kantorovitch applique la **programmation linéaire** à la théorie des graphes, c'est la naissance de la **planification**.

Définition

- Organiser l'exécution des opérations (tâches élémentaires) dans les délais impartis et selon un agencement bien déterminé:
 - Séquençage
 - Chevauchement
 - Parallélisation

Contraintes à respecter:

- Temps**
- Antériorité**
- Simultanéité**
- Production**

1.3 Construction du planning

□ Procédure

- Établir la liste des tâches
- Déterminer les conditions d'antériorité
- Tracer le réseau de PERT
- Tracer le diagramme de GANTT
- Calculer les dates des tâches
- Calculer les marges totales de chaque tâche
- Déterminer le chemin critique
- Construire le planning du projet

Outils

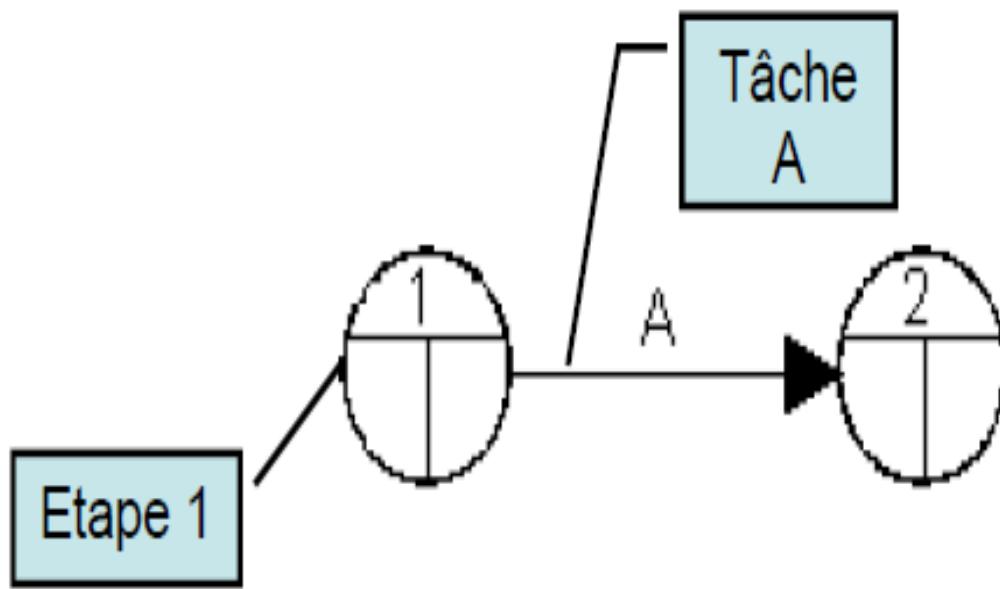
- Excel
- MS-Project
- Autres plus spécifiques (Gantt Project,...)

2. Méthodes et techniques de planification

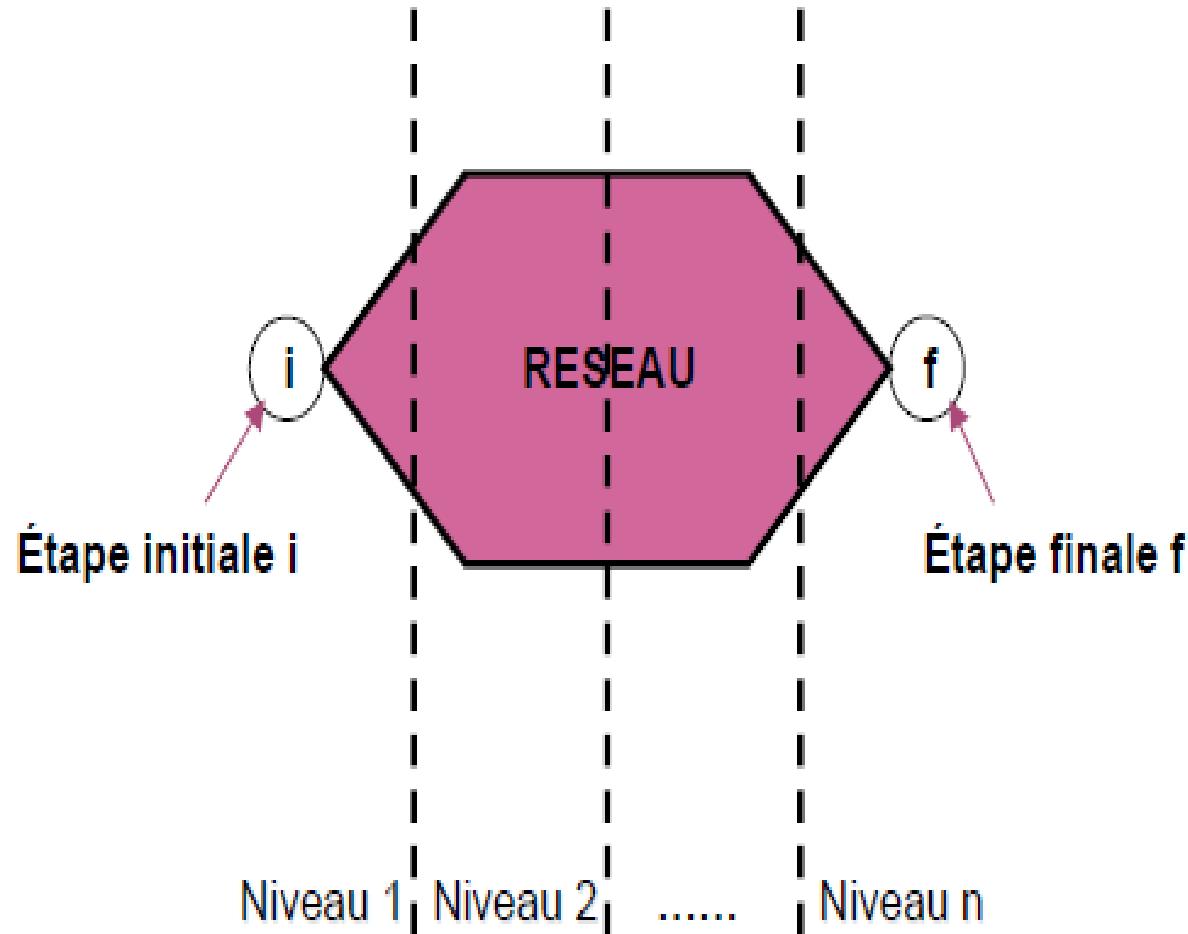
2.1 Réseau de PERT

2.2 Diagramme de GANTT

Le réseau de PERT représente l'ensemble des tâches et des étapes (= début/fin d'une tâche) d'un projet :



❑ Méthode de construction d'un réseau de PERT:

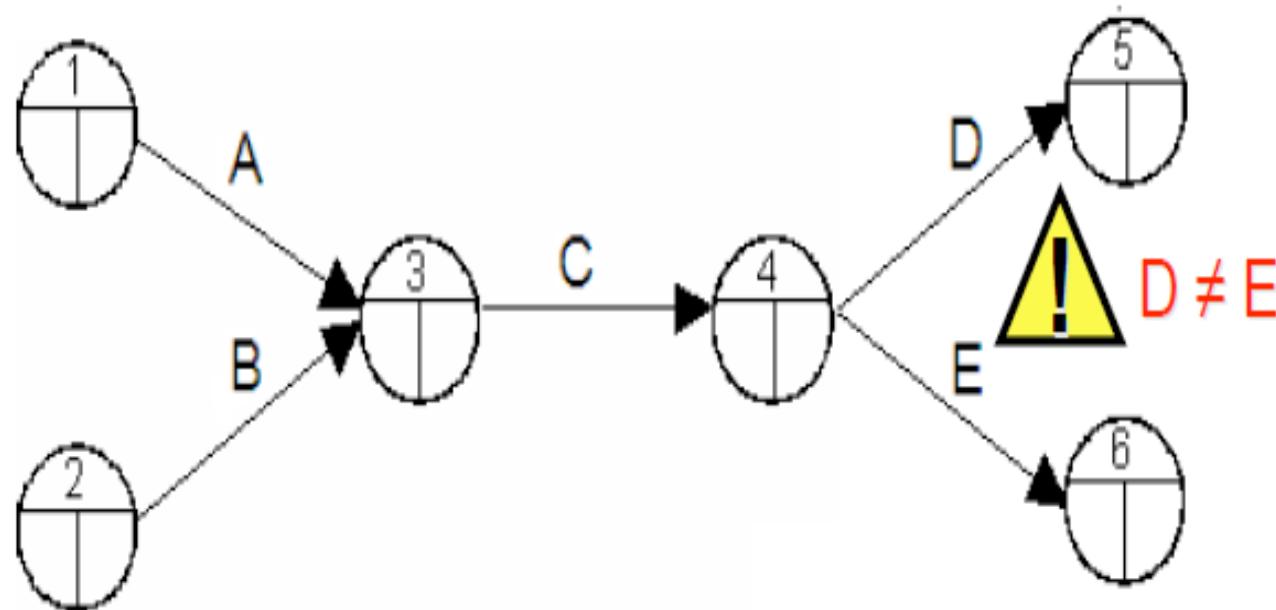


□ Constraintes à respecter

- toute tâche a 1 étape de début et 1 étape de fin
- la tâche suivante ne peut démarrer que si la tâche précédente est terminée
- la longueur des flèches n'a pas de signification
- on lit un réseau de la gauche vers la droite
- il n'y a jamais de retour

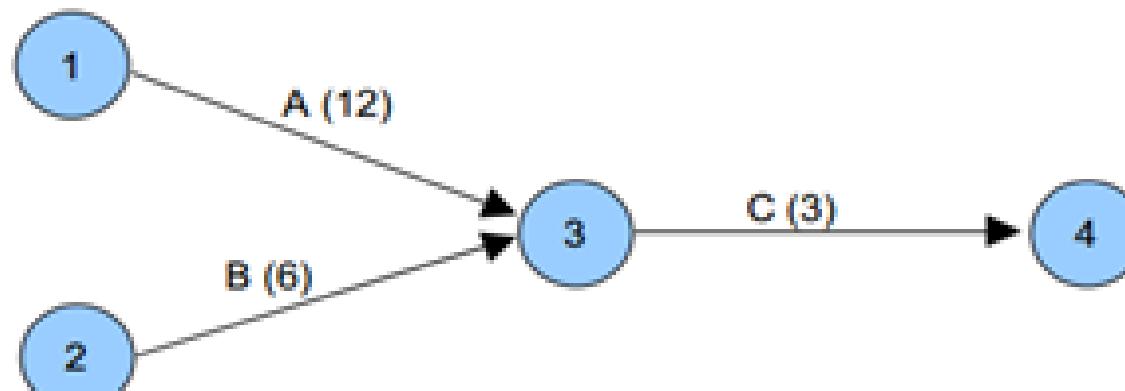
❑ Représentation des tâches

- tâches successives (ex: A,C ou B,C,E etc...)
- tâches simultanées (ex: D,E)
- tâches convergentes (ex: A,B)



Tâches convergentes:

- Plusieurs tâches peuvent se terminer sur une même étape.



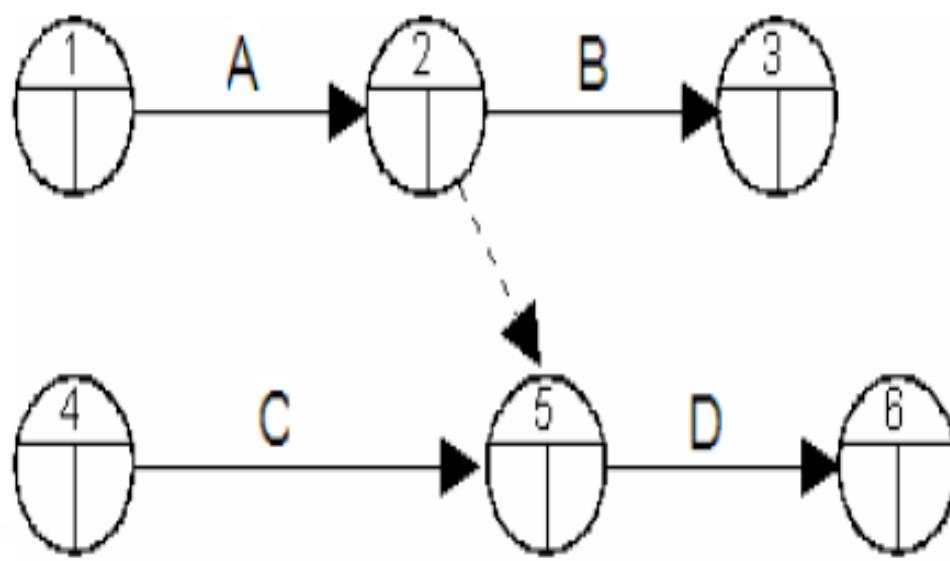
- Ici, la tâche A (12) a une durée de 12 unités de temps, B(6) a une durée de 6 unités de temps. On constate que la tâche A dure plus longtemps que B, A est dite « pénalisante »



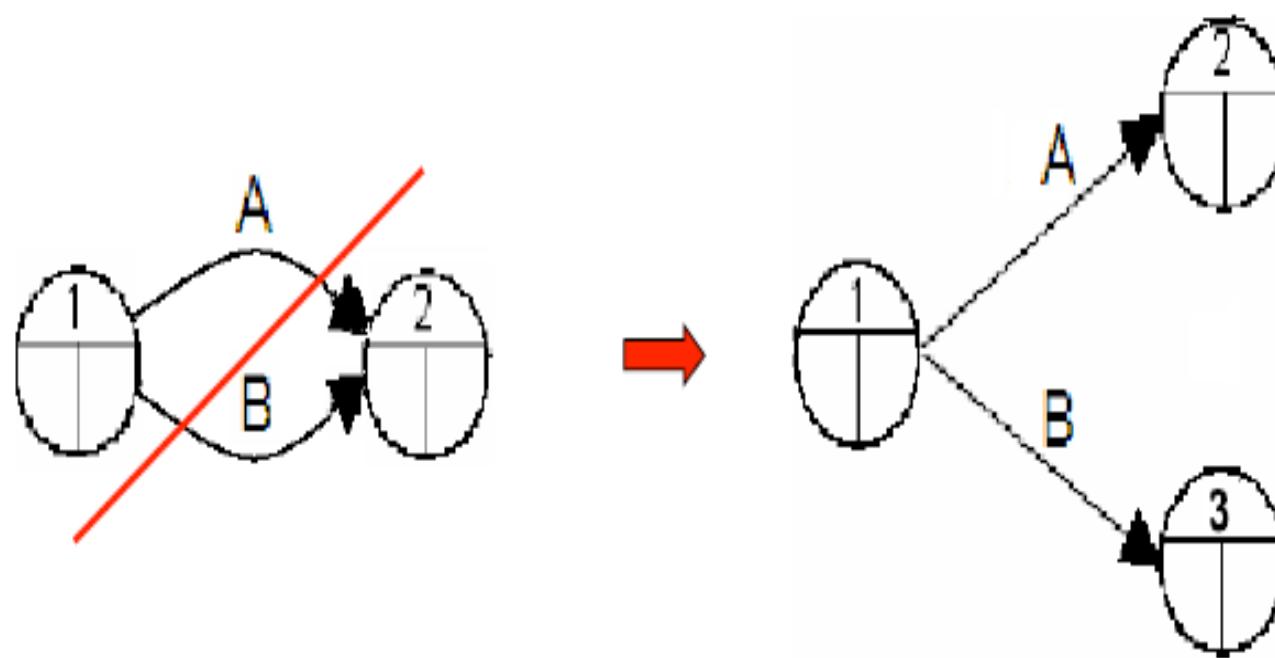
■ Représentation du réseau

- tâches fictives

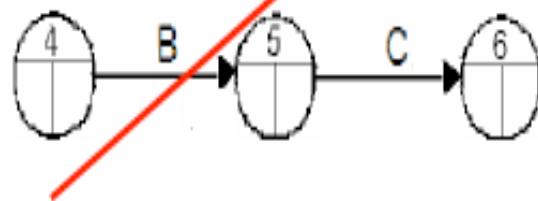
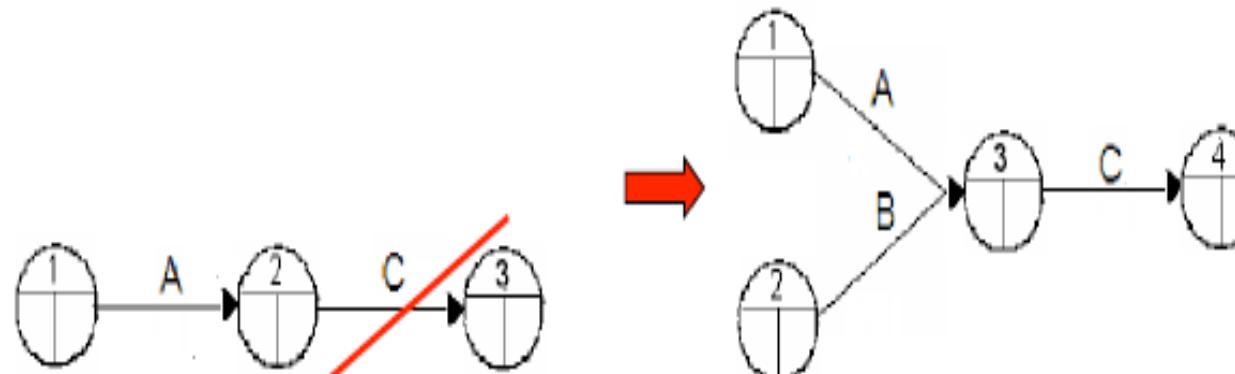
(ex: la tâche D succède aux tâches A et C et la tâche B succède seulement à la tâche A)



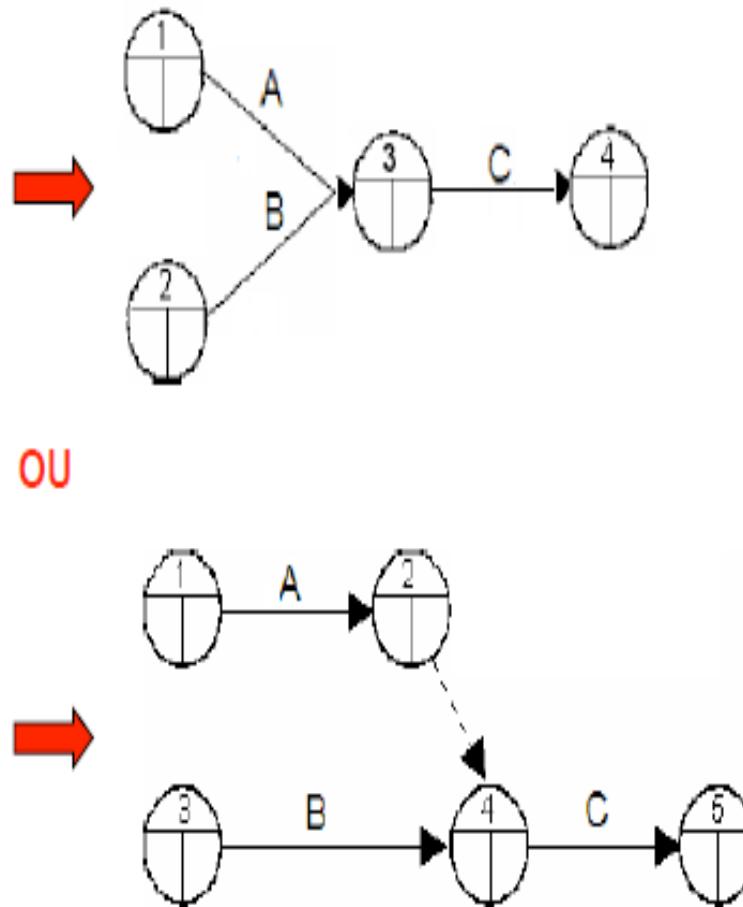
□ Représentation des tâches



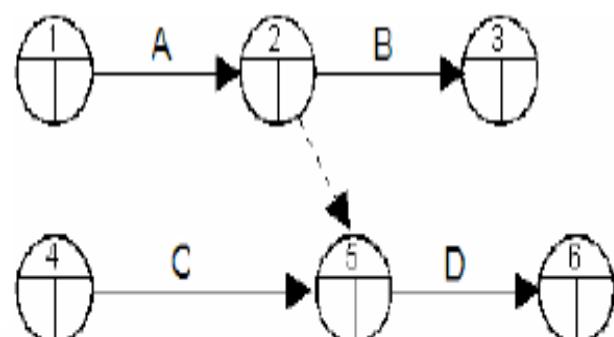
□ Représentation des tâches



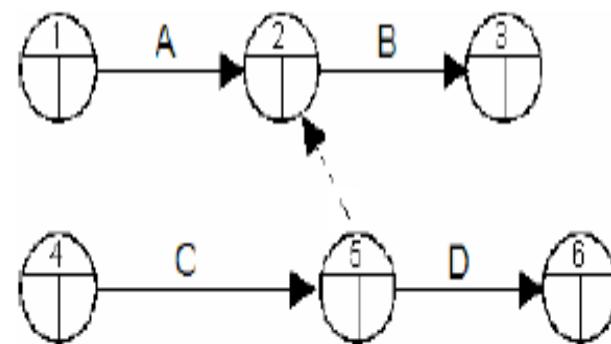
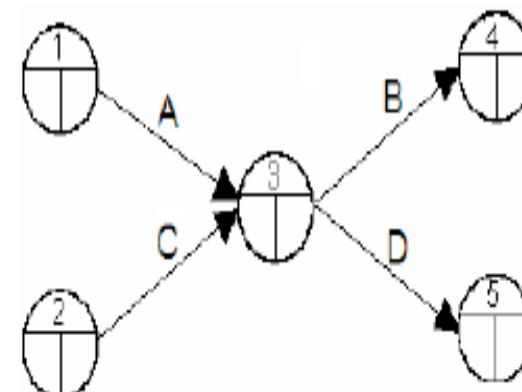
OU



□ Représentation des tâches



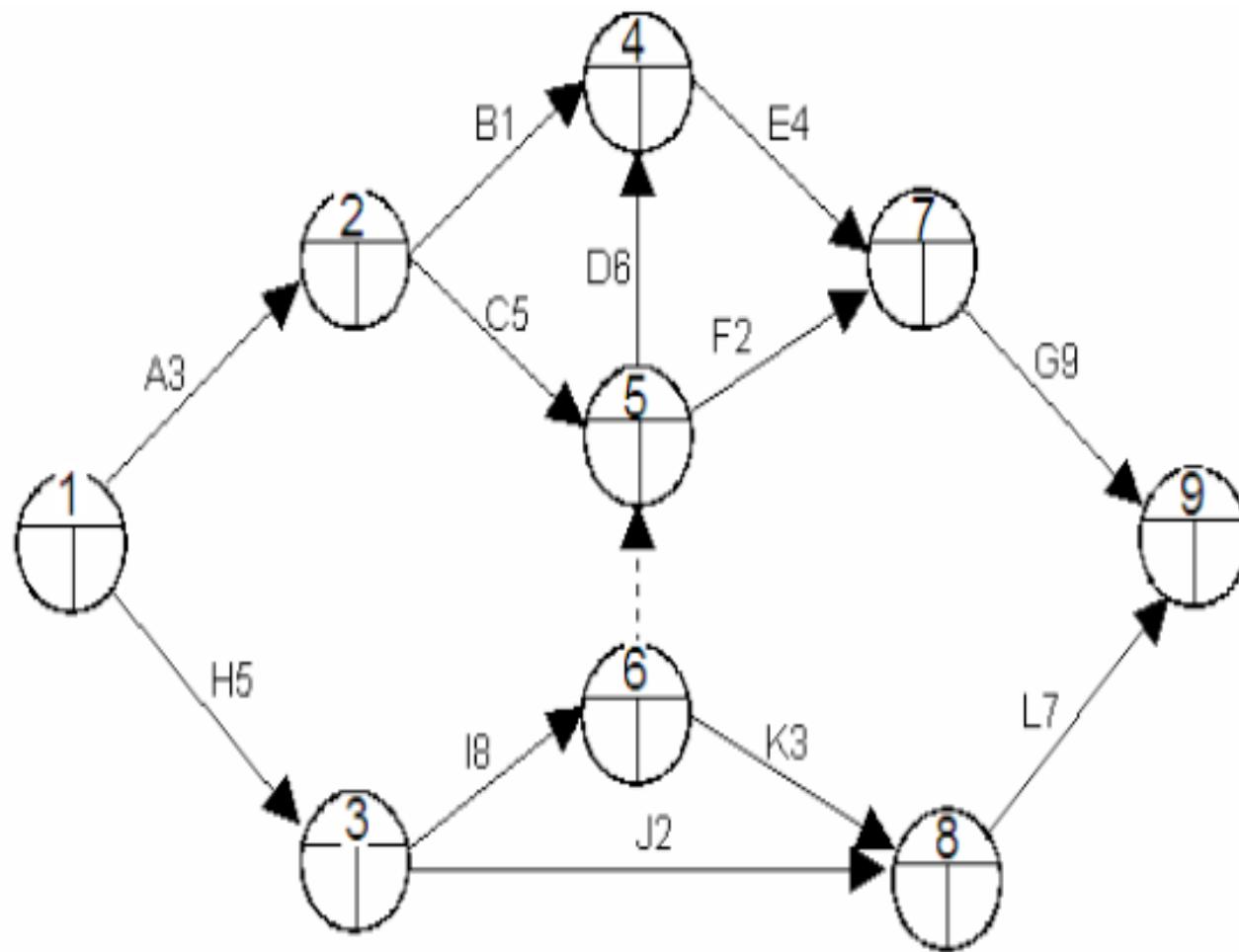
≠



❑ Exercice 5. En partant du tableau ci-dessous, tracer le réseau de PERT :

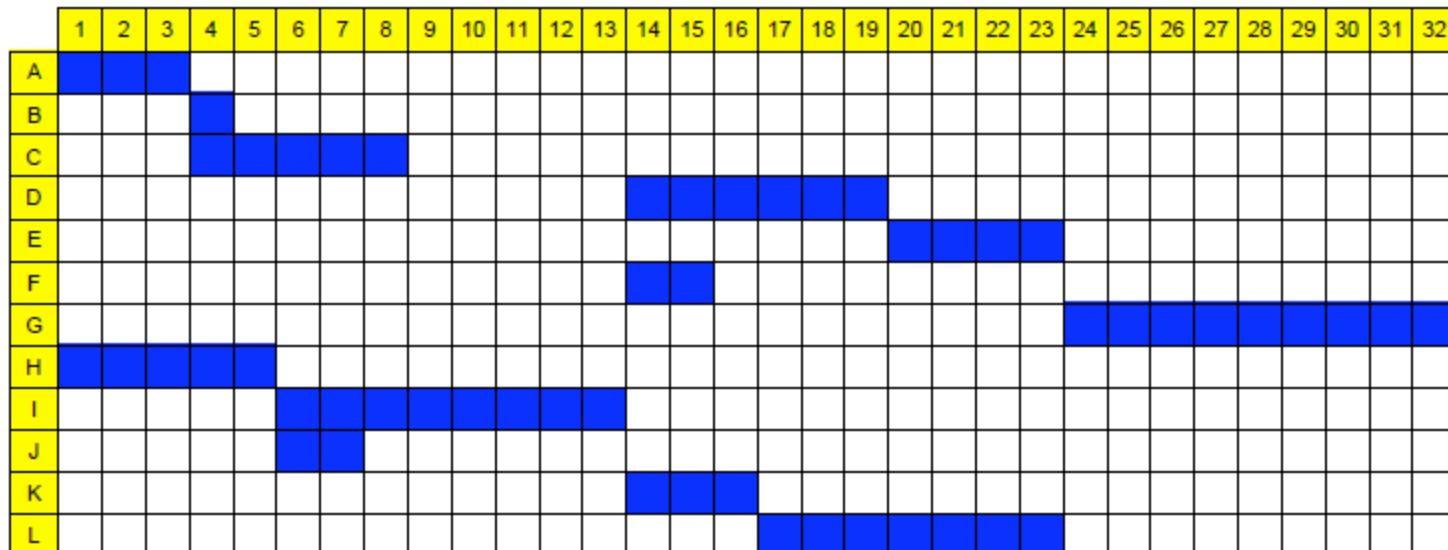
tâches	antécédents	durée
A	/	3
B	A	1
C	A	5
D	C,I	6
E	B,D	4
F	C,I	2
G	E,F	9
H	/	5
I	H	8
J	H	2
K	I	3
L	K,J	7

□ Solution. Nous obtenons le réseau suivant :



2.2 Diagramme de GANTT

□ Solution. Nous obtenons le réseau suivant :



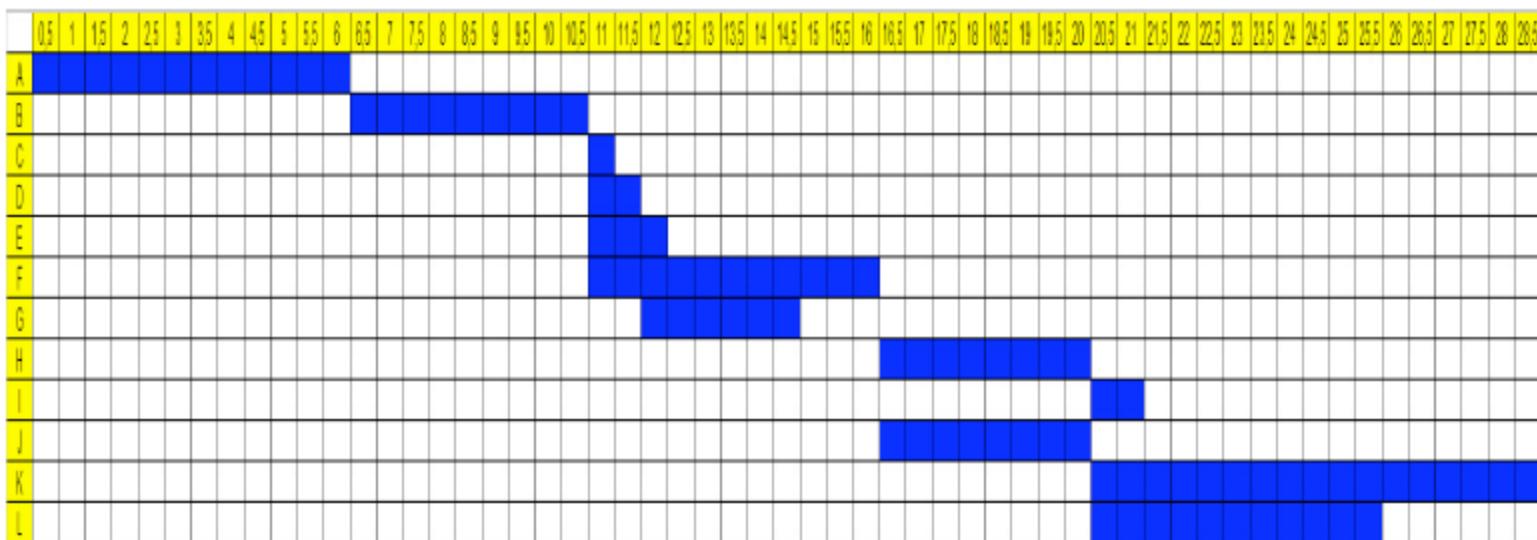
2.2 Diagramme de GANTT

Exercice 7. En partant du tableau ci-dessous, tracer le réseau de PERT pour représenter le diagramme de GANTT :

Tâches élémentaires	Durée (en h)	Contraintes d'antériorité
A	6	-
B	4,5	A
C	0,5	B
D	1	B
E	1,5	B
F	5,5	B
G	3	C, D
H	4	E, F, G
I	1	H, J
J	4	E, F, G
K	8,5	H, J
L	5,5	H, J

2.2 Diagramme de GANTT

Solution. Nous obtenons le réseau suivant :



- ❑ A partir du réseau de PERT, on peut dresser le diagramme de Gantt qui établit le planning des opérations
- ❑ Le diagramme de GANTT :

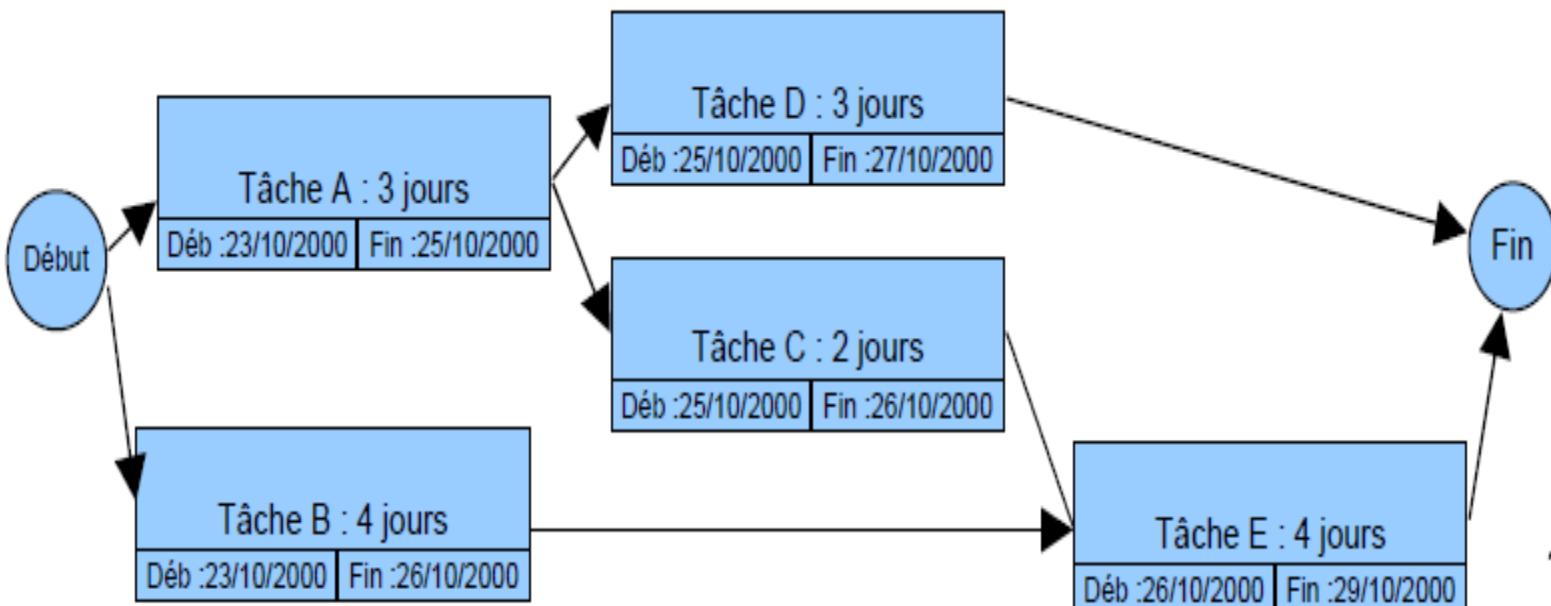
	T ₁	T ₂	T ₃	T _i	T _n
Tâche A							
.....							
Tâche I							
.....							
Tâche Z							

Tâche A : 4 jours	
Début :23/10/2000	Fin :26/10/2000

Liaison orientées : Elles représentent les contraintes d'antériorités des tâches.



Exemple de réseau :



METHODE PLANNING DE PERT

1°) GENERALITES

Dans le cas de fabrications non répétitives et très complexes , (prototypes, avions , grands ensembles en construction , etc) , on utilisera la méthode dite du chemin critique dont la plus utilisée est la méthode P.E.R.T.

Cette méthode a été mise au point en 1957 aux Etats-Unis, lors du développement du missile POLARIS. Ce projet mobilisait 250 fournisseurs principaux et environ 9000 sous-traitants. Le délai initial prévu de 6 ans a pu être ramené à 2 années et demi.



P.E.R.T : Program Evaluation Review Technique
TECHNIQUE d'ELABORATION et de MISE à JOUR de PROGRAMME

2°) BUT de la Méthode P.E.R.T

Définir le délai total d'accomplissement de l'oeuvre et éventuellement proposer des moyens pour le réduire .

Connaitre les conséquences du changement de la durée d'une tâche partielle .

Evaluer les moyens à mettre en oeuvre .

Etablir une relation entre les délais et les coûts .

3°) Domaine d'Application de la Méthode P.E.R.T

Dans le Batiment (grands ensembles , hôpitaux , etc)

Dans les Travaux Public (routes , ponts , etc)

Pour l'Ordonnancement de prototypes .

En Maintenance pour coordonner les tâches de plusieurs équipes de spécialités différentes .

METHODE PLANNING DE PERT

4°) Conditions de mise en oeuvre de la Méthode P.E.R.T

L'oeuvre doit être divisée en tâches partielles .

La durée de chaque tâche doit être connue .

L' étude technique doit préciser si certaines tâches doivent être impérativement effectuées avant certaines autres tâches

5°) Principe de la Méthode basée sur une Représentation Graphique

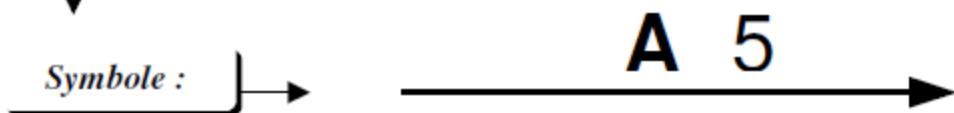
Sur le Graphique ou Diagramme apparaîtront les liaisons entre les différentes tâches de l'oeuvre à réaliser .

6°) Définitions et Conventions de Représentation



Une tâche fait évoluer l'oeuvre vers son état final , elle consomme donc du temps , de l'énergie , de la matière et de ce fait coûte .

Chaque tâche est représentée par une flèche (segment orienté dans le sens de l'écoulement du temps) dont la longueur est indépendante de la durée de la tâche .



A = Identification de la tâche

5 = Durée de la tâche



Une tâche fictive représente une contrainte entre tâches non indépendantes .

Chaque tâche fictive est représentée par une flèche pointillée , sa durée est nulle , elle ne consomme aucune ressource , elle ne coûte donc rien .





ETAPE



Symbol :



9 = Identification de l'étape

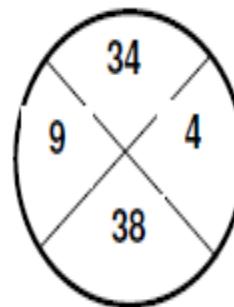
34 = Date au plus tôt

38 = Date au plus tard

4 = Marge totale

On appelle étape le début ou la fin d'une tâche . Une étape sera représentée par un cercle ou une autre figure géométrique .

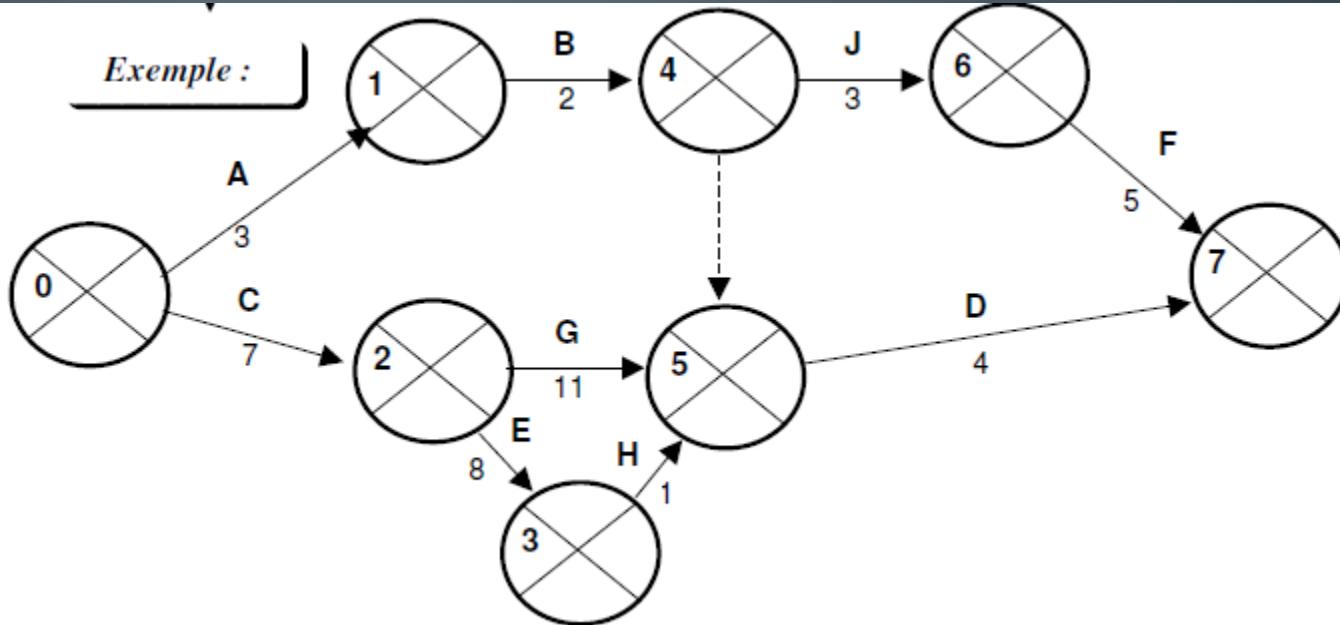
Une étape est de durée nulle , elle ne coûte donc rien .



RESEAU

C'est l'ensemble des tâches et des étapes qui représente l'oeuvre .

Le réseau met en évidence les relations entre les tâches et les étapes .

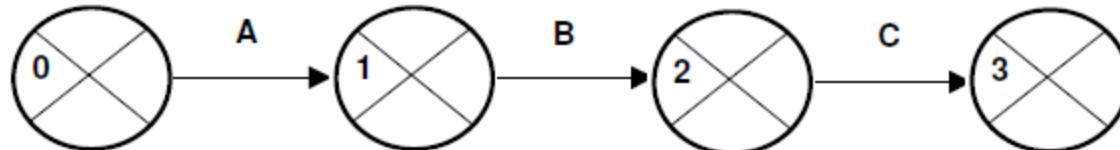


Par Convention :

Des tâches **CONSECUTIVES** sont des tâches qui se suivent.

Des tâches **ANTERIEURES** sont des tâches qui , par rapport à une autre , doivent être réalisées avant .

Les **ANTERIORITES IMMEDIATES** sont appelées **ANTECEDENTES**



A et B sont antériorités de C

B est antécédente de C

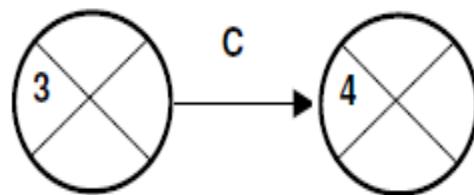
7°) Conventions de Constructions du Planning P.E.R.T



1ère Convention

*TOUTE TACHE A UNE ETAPE DEBUT POUR ORIGINE ET UNE
ETAPE FIN POUR EXTREMITE*

Exemple :



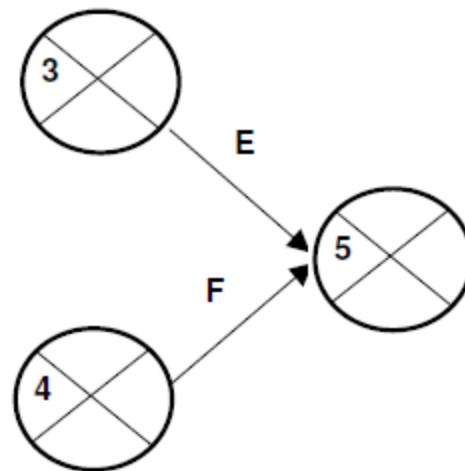
La tâche C commence à l'étape 3 et se termine à l'étape 4



2ème Convention

UNE ETAPE NE PEUT ETRE ATTEINTE QUE LORSQUE LES TACHES QUI LA PRECEDENT SONT TOUTES TERMINEES

Exemple :



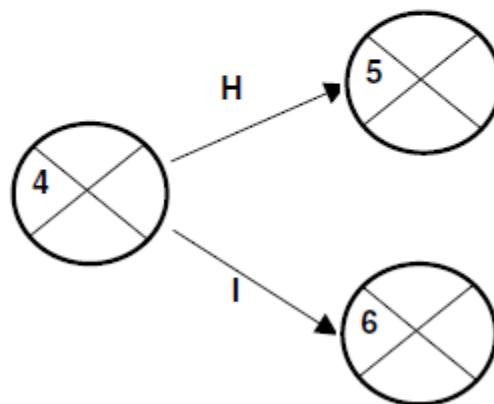
L'étape 5 ne sera atteinte que lorsque les tâches E et F seront terminées .



3éme Convention

**AUCUNE TACHE NE PEUT COMMENCER TANT QUE L'ETAPE
SITUÉE A SON ORIGINE N'EST PAS ATTEINTE .**

Exemple :

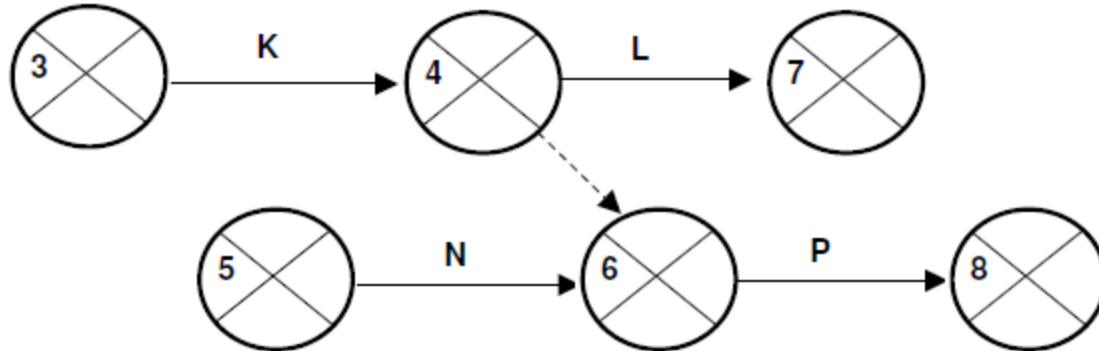




4ème Convention

*L'ETAPE SITUEE A L'EXTREMITE D'UNE FICTIVE NE PEUT ETRE
ATTEINTE QU'APRES L'ETAPE SITUEE A SON ORIGINE.*

Exemple :



L'étape 6 ne peut être atteinte que :
lorsque l'étape 4 est atteinte ,
et lorsque la tâche N est terminée .

Lecture :

La tâche L a pour antécédente K
La tâche P a pour antécédente N et K .

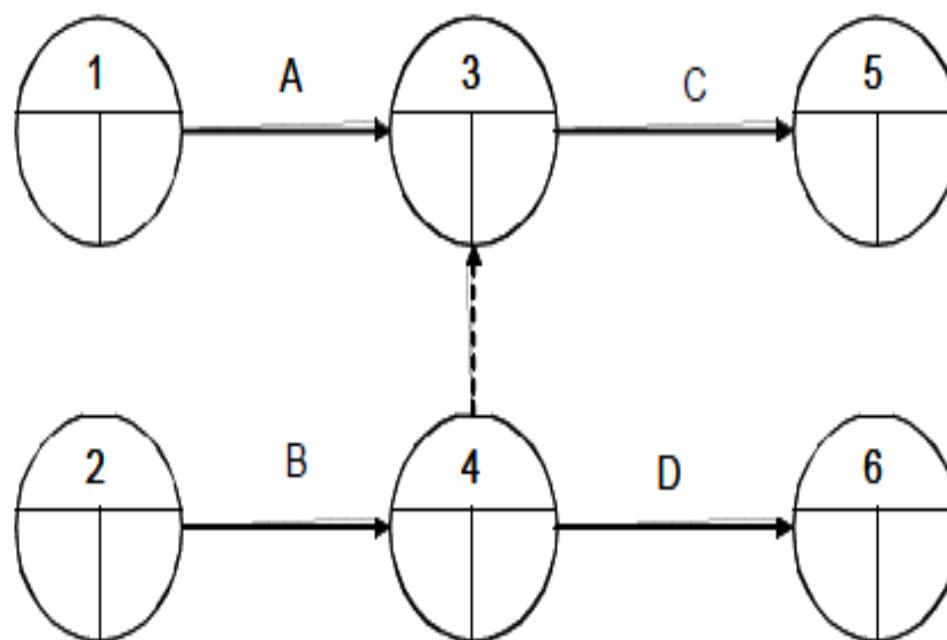
❑ Exercice 1.

Soient les contraintes d'antériorité:

- A et B sont indépendantes
- C doit succéder à A et B
- D doit succéder à B

Représenter schématiquement ces contraintes en respectant la méthode PERT.

❑ Solution



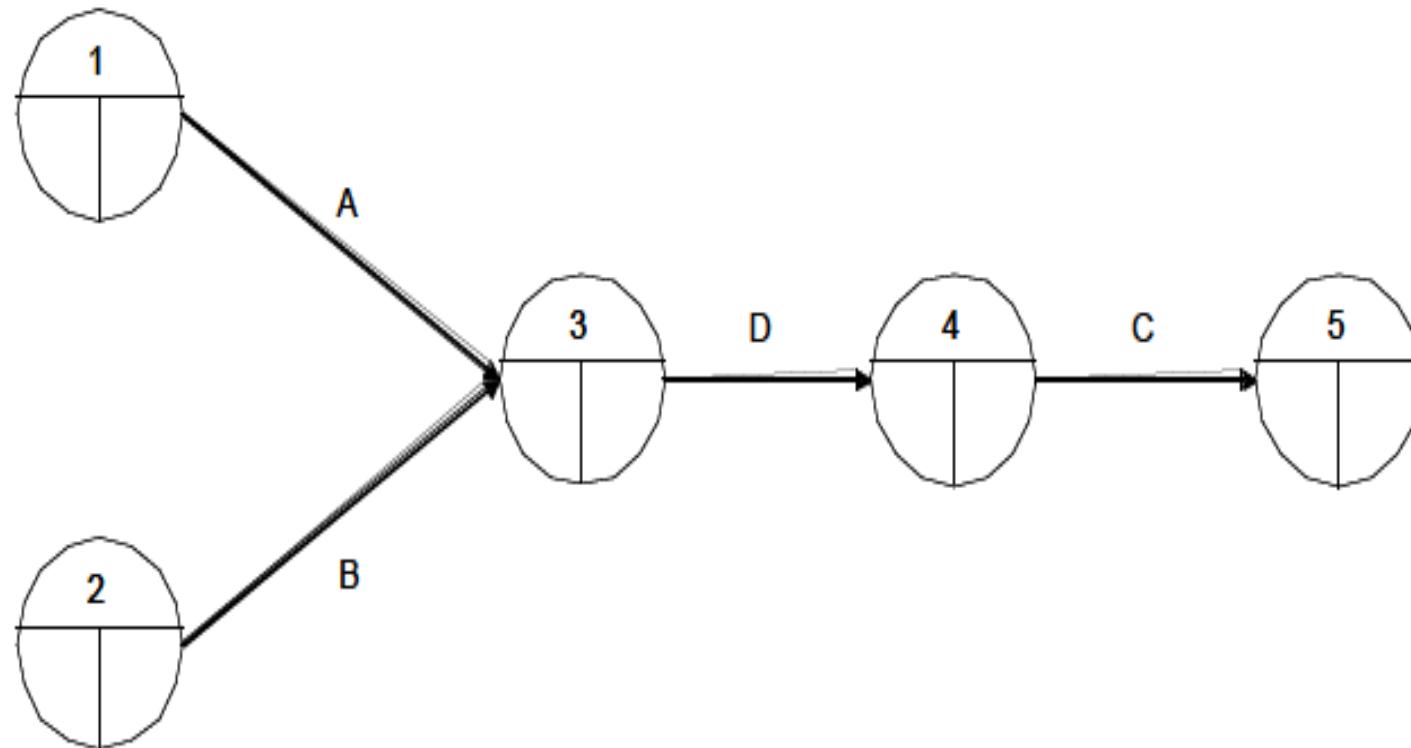
❑ Exercice 2.

Soient les contraintes d'antériorité:

- A et B sont indépendantes
- D est postérieure à la réalisation de A et B
- C doit succéder à D

Représenter schématiquement ces contraintes en respectant la méthode PERT.

□ Solution



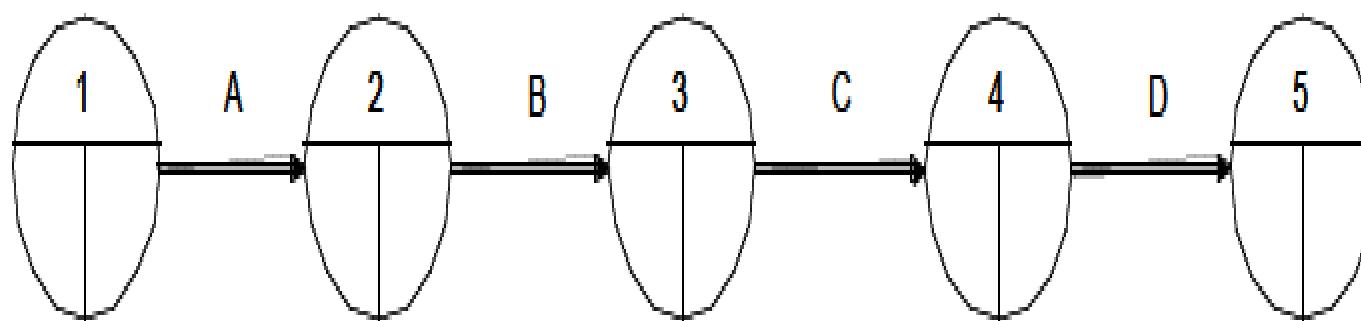
Exercice 3.

Soient les contraintes d'antériorité:

- B commence après A
- C ne peut démarrer qu'après la fin de B
- D doit être postérieur aux tâches A, B et C

Représenter schématiquement ces contraintes en respectant la méthode PERT.

□ Solution



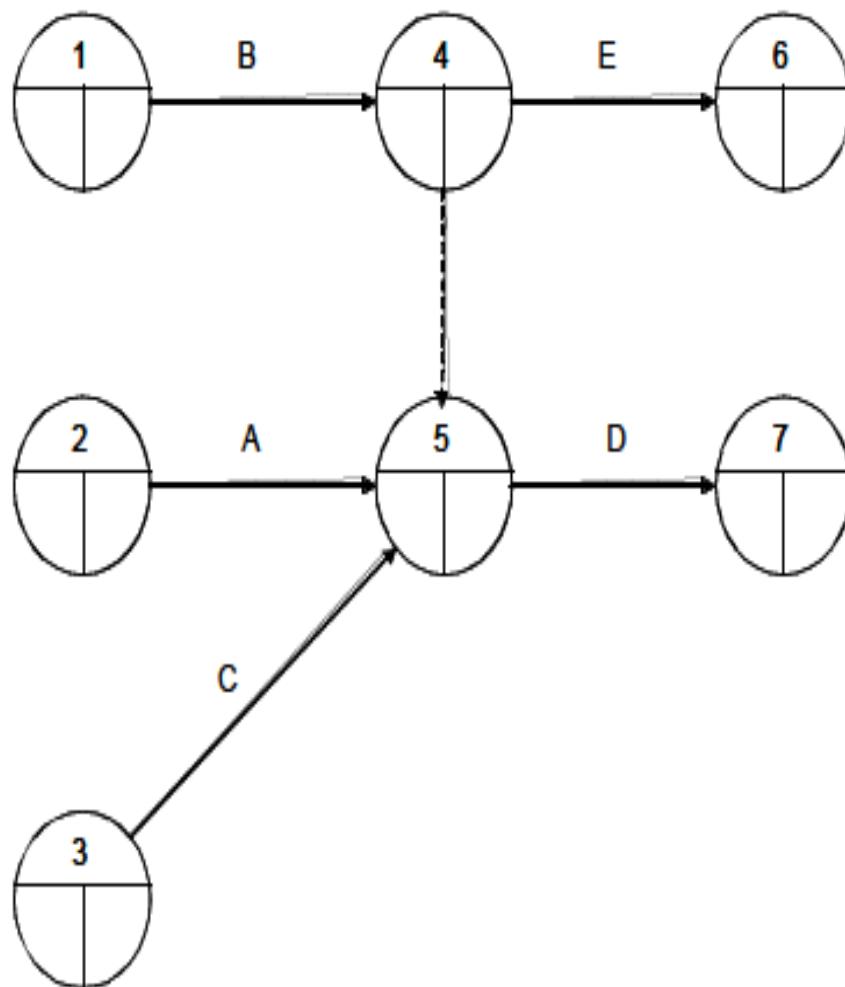
Exercice 4.

Soient les contraintes d'antériorité:

- A, B et C précèdent le début de D
- E succède à B

Représenter schématiquement ces contraintes en respectant la méthode PERT.

□ Solution



Date "au plus tôt" : Date la plus "en avance" possible qui permet de débuter les tâches suivantes en respectant toutes leurs conditions de démarrage.

Chemin critique : Trajet constitué des mailles de durée les plus longues permettant de satisfaire toutes les conditions de réalisation de toutes les tâches pour atteindre l'objectif final "au plus tôt"

Date "au plus tard" : Date la plus tardive possible qui permet de démarrer les tâches suivantes sans faire reculer le délai final défini par le chemin critique.

PERT : DEFINITION DES MARGES

Marge totale

Cette marge correspond à la durée dont une tâche peut être prolongée ou retardée sans augmenter la durée totale du projet.

Quand cette marge s'annule la tâche devient critique

Marge libre

Cette marge correspond à la durée dont une tâche peut être prolongée ou retardée sans déplacer aucune autre tâche du projet

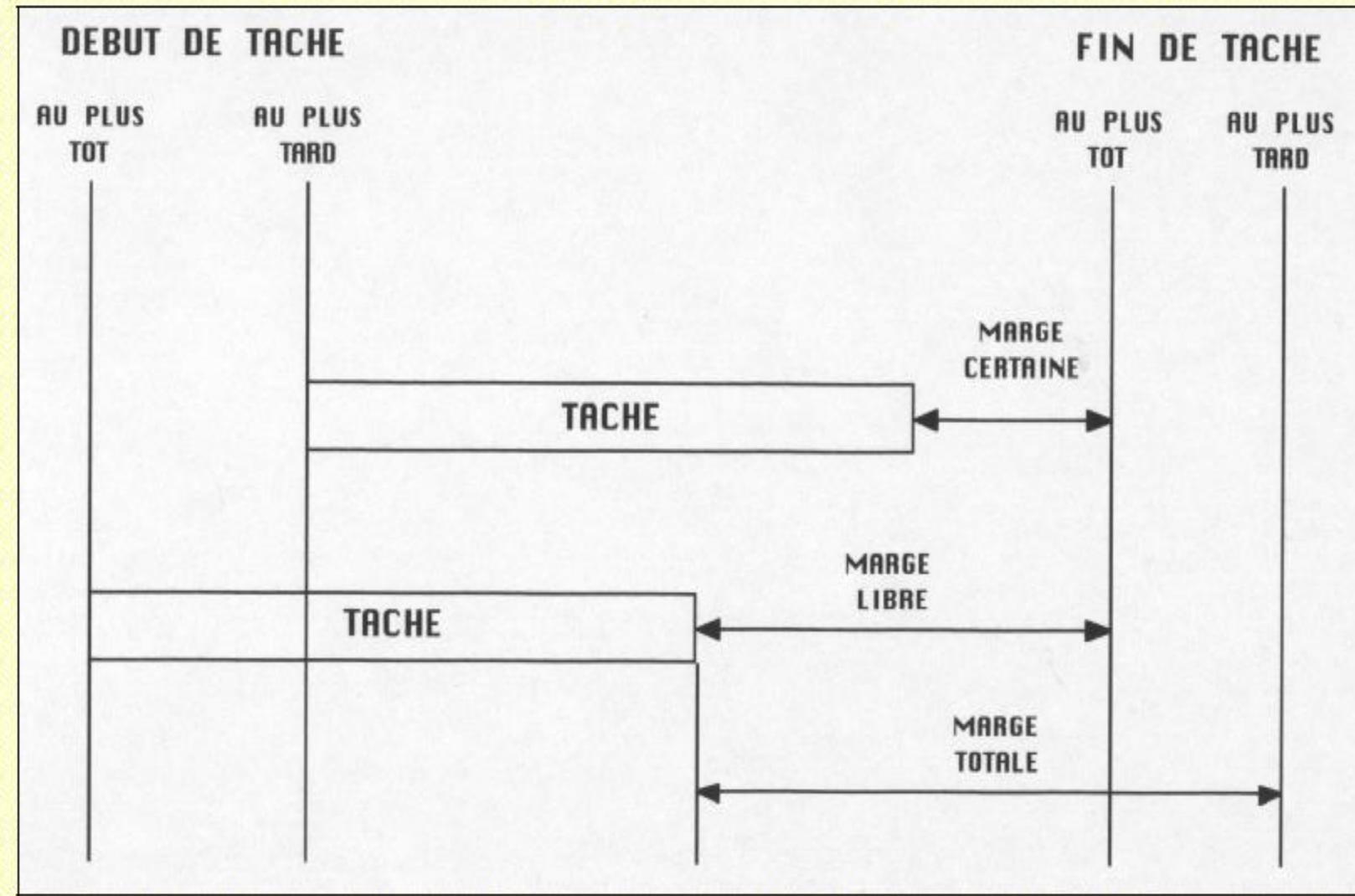
C'est la réserve de sécurité attachée à la tâche

Marge certaine

Cette marge correspond à l'écart de temps entre la fin d'une tâche débutée « au plus tard » et le besoin « au plus tôt » des tâches suivantes.

Cette marge n'est pas nécessaire et n'est pas utilisée

PERT : DEFINITION DES MARGES



METHODE PLANNING DE GANTT

1°) GENERALITES

Le suivi de l'avancement de l'oeuvre peut se faire directement sur le réseau P.E.R.T. Ce n'est pas toujours très facile car les longueurs des tâches ne sont pas proportionnelles à leurs durées

On peut avantageusement transformer le réseau en un graphique de GANTT qui lui tient compte de la durée des tâches . On l'appelle également planning à bandes

2°) BUT de la Méthode GANTT

Permet détablir le calendrier des opérations ou tâches à mettre en oeuvre pour réaliser un projet .

Permet de déterminer la charge des postes de travail .

Permet de répartir chronologiquement les postes de travail .

Permet de suivre l'avancement de la fabrication , par pièce et par ensemble .

Permet de vérifier la disponibilité de la main d'oeuvre .

Permet détablir la situation des stocks .

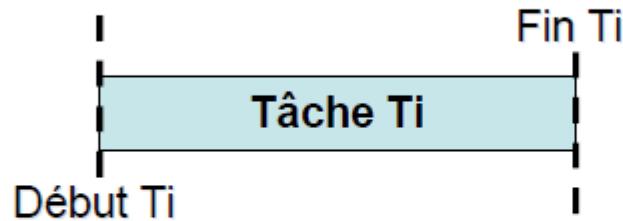
3°) Domaine d'Application de la Méthode GANTT

Il se construit dans les mêmes domaines que le graphique P.E.R.T .

4°) Conditions de mise en oeuvre de la Méthode GANTT

Son application est indispensable après le Graphique P.E.R.T si le projet est complexe , ou seule si le projet est simple .

- Le temps estimé pour une tâche se modélise par une barre horizontale**



- Les tâches peuvent s'enchaîner séquentiellement ou en parallèle entièrement ou partiellement**

5°) Principe de la Méthode basée sur une Représentation Graphique

Les tâches sont représentées par des segments de droite dont la longueur est proportionnelle à la durée de la tâche .Chaque tâche utilise une ligne .

6°) Construction du Réseau GANTT avec Calcul des Marges Libres et Marges totales .



APPLICATION N°1

- 1°) Déterminer les niveaux des différentes tâches .**
- 2°) Tracer le réseau (méthode GANTT)**
- 3°) Calculer les marges libres , les marges totales .**
- 4°) Proposer un ajustement des tâches au plus tard .**

<u>REP Opération</u>	<u>TACHES</u>	<u>DUREE</u>	<u>ANTERIORITES</u>
A	X	4	rien
B	X	1	A
C	X	6	A
D	X	2	A
E	X	7	A
F	X	3	B
G	X	4	C
H	X	7	C
I	X	3	D J
J	X	4	E
K	X	8	E
L	X	1	F G
M	X	2	H I K L



UTILISATION DE LA MATRICE

(voir doc. 5/7)

1°) REMPLIR LES 2 COLONNES DE GAUCHE :

- # Incrire dans la 1ère colonne la nature de la tâche à effectuer .
- dans la 2ème colonne , le repère de la tâche à identifier .

Exemple : Déchargement et stockage des matériaux pour colonne 1,
 A pour le repère de cette même tâche .

2°) REMPLIR LES 2 LIGNES DU HAUT :

- # Pour la première ligne , mentionner la période ou date à laquelle le projet doit être réalisé.
- # Pour la seconde ligne , inscrire la dénomination temps à laquelle l'oeuvre est exécutée dans chacune des colonnes.

Exemple : Heure, journée, semaine, etc.....

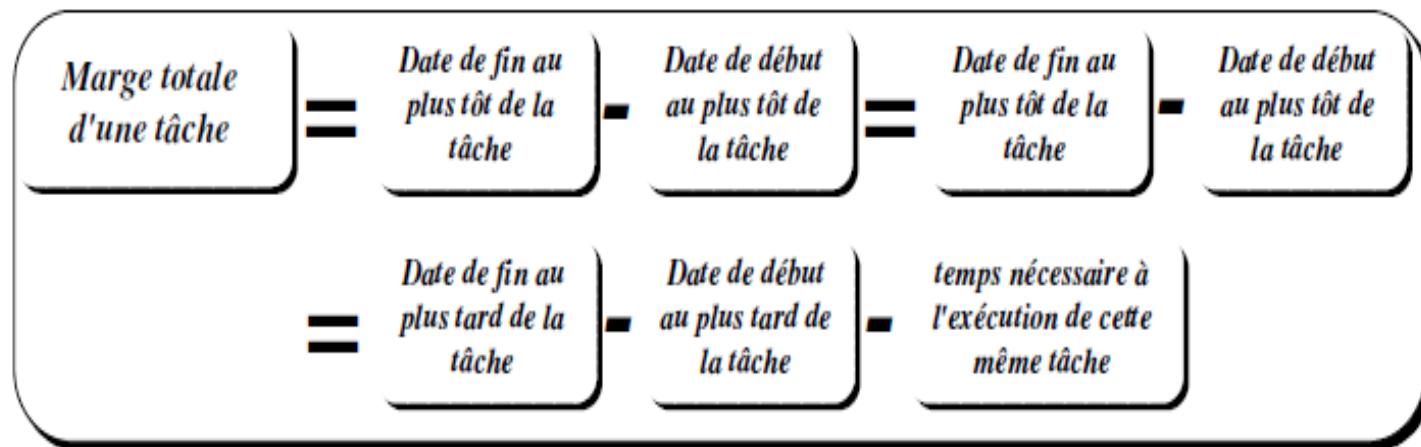
3°) REMPLIR LE TABLEAU :

- # Pour chaque tâche répertoriée , composée ainsi de 2 lignes , tracer sur la ligne supérieure un segment de longueur proportionnelle à la durée de la tâche, en se basant sur les dates au plus tôt.
- # Chaque tâche devra être ainsi reportée sur le graphique en tenant compte des antériorités qui les lient entre elles. Le segment représentant une durée de tâche appartenant au chemin critique devra être symbolisé par un trait fort.
- # Refaire pour chaque ligne la même démarche en tenant toujours compte des proportionnelles liées à la durée , des antériorités qui les lient et des liaisons qui les lient dans le déroulement de l'exécution de l'oeuvre .
- # La seconde ligne apparaissant pour chacune des tâches , est réservée pour la représentation des tâches par rapport aux dates au plus tard. Si le diagramme n'est pas composée de deux lignes pour chaque tâche, il faudra effectuer deux diagrammes de GANTT. Un diagramme au plus tôt et un au plus tard.



CALCUL DES MARGES TOTALES

Une marge totale d'une tâche est un retard possible au démarrage de cette tâche par rapport à l'instant de départ au plus tôt qui n'entraîne aucun recul de la date d'achèvement de l'oeuvre , mais qui imposera que les tâches suivantes soient commencées au dates au plus tard.



CALCUL DES MARGES LIBRES

Une marge libre d'une tâche est un retard toléré par cette tâche par rapport à l'instant de départ au plus tôt (ou un temps d'interruption en cours d'exécution , ou un allongement de la durée prévue) qui n'entraîne aucune modification du calendrier des tâches en aval et notamment aucun recul de la date d'achèvement de l'oeuvre .

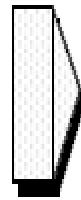
$$\text{Marge libre d'une tâche} = \text{Date de début au plus tôt de la tâche suivante} - \text{Date de début au plus tôt de la tâche} - \text{temps nécessaire à l'exécution de cette même tâche}$$



UTILISATION DES MARGES

Selon les circonstances , elles pourront être utilisées :

-) pour conserver une sécurité de temps sur les tâches qui ne sont pas situées sur le chemin critique . Les tâches sont déclenchées au plus tôt .
-) pour réduire le coût des en-cours . Les tâches sont alors déclenchées au plus tard au risque de dépasser la durée impartie .



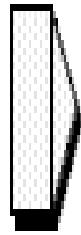
UTILISATION DU TABLEAU

- # Complétez la colonne des supériorités.
- # Calculez les dates de début au plus tôt et au plus tard pour chaque tâche.
- # Calculez les dates de fin au plus tard et au plus tôt pour chaque tâche.
- # Déterminez les marges et le chemin critique.



TABLEAU CALCUL DES MARGES - PERT ANALYTIQUE

TACHES	Tâches antérieures	Supériorité	DUREE	Début		Fin		MARGES		Chemin Critique
				+ tôt	+ tard	+ tôt	+ tard	Total	Libre	
A	rien		4							
B	A		1							
C	A		6							
D	A		2							
E	A		7							
F	B		3							
G	C		4							
H	C		7							
I	DJ		3							
J	E		4							
K	E		8							
L	FG		1							
M	HIKL		2							



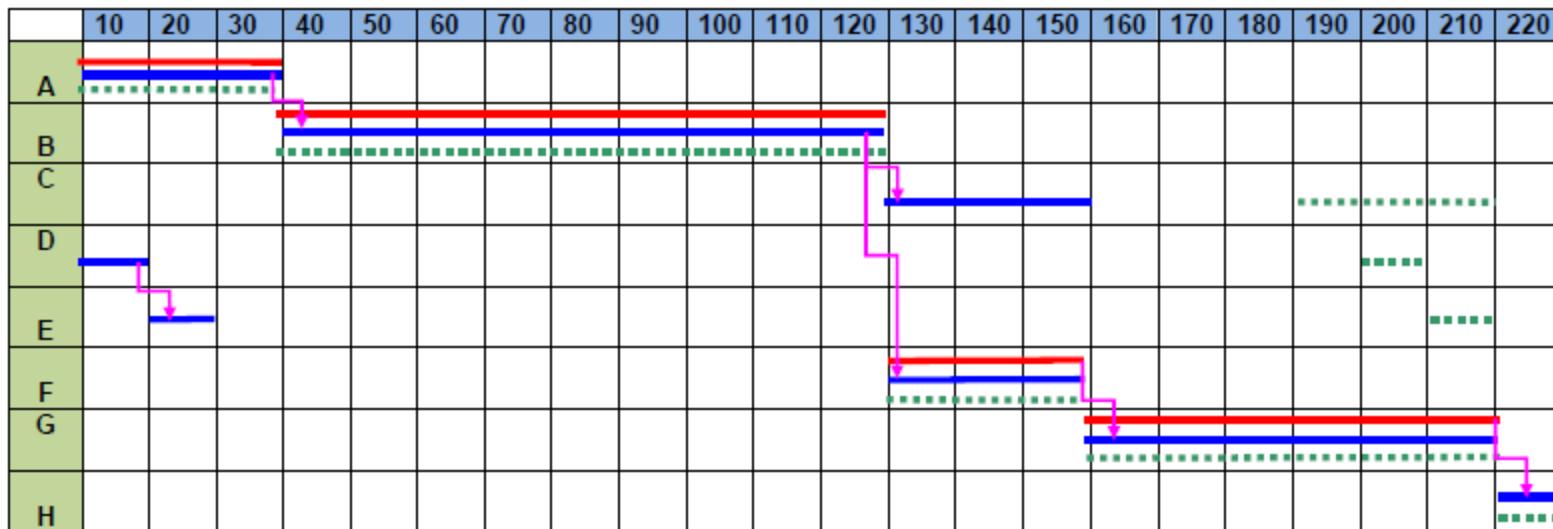
UTILISATION DU TABLEAU

- # Complétez la colonne des supériorités.
- # Calculez les dates de début au plus tôt et au plus tard pour chaque tâche.
- # Calculez les dates de fin au plus tard et au plus tôt pour chaque tâche.
- # Déterminez les marges et le chemin critique.

 TABLEAU CALCUL DES MARGES - PERT ANALYTIQUE

TACHES	Tâches antérieures	Supériorités	DUREE	Début		Fin		MARGES		Chemin Critique
				+ tôt	+ tard	+ tôt	+ tard	Totale	Libre	
A	rien	BCDE	4	0	0	4	4	0	0	X
B	A	F	1	4	14	5	15	10	0	
C	A	GH	6	4	6	10	12	2	0	
D	A	I	2	4	14	6	16	10	9	
E	A	JK	7	4	4	11	11	0	0	X
F	B	L	3	5	15	8	18	10	6	
G	C	L	4	10	14	14	18	4	0	
H	C	M	7	10	12	17	19	2	2	
I	DJ	M	3	15	16	18	19	1	1	
J	E	I	4	11	12	15	16	1	0	
K	E	M	8	11	11	19	19	0	0	X
L	FG	M	1	14	18	15	19	4	4	
M	HIKL	rien	2	19	19	21	21	0	0	X

Corrigé exercice (Diagramme de GANTT) : Préparer un repas (exercice noté)

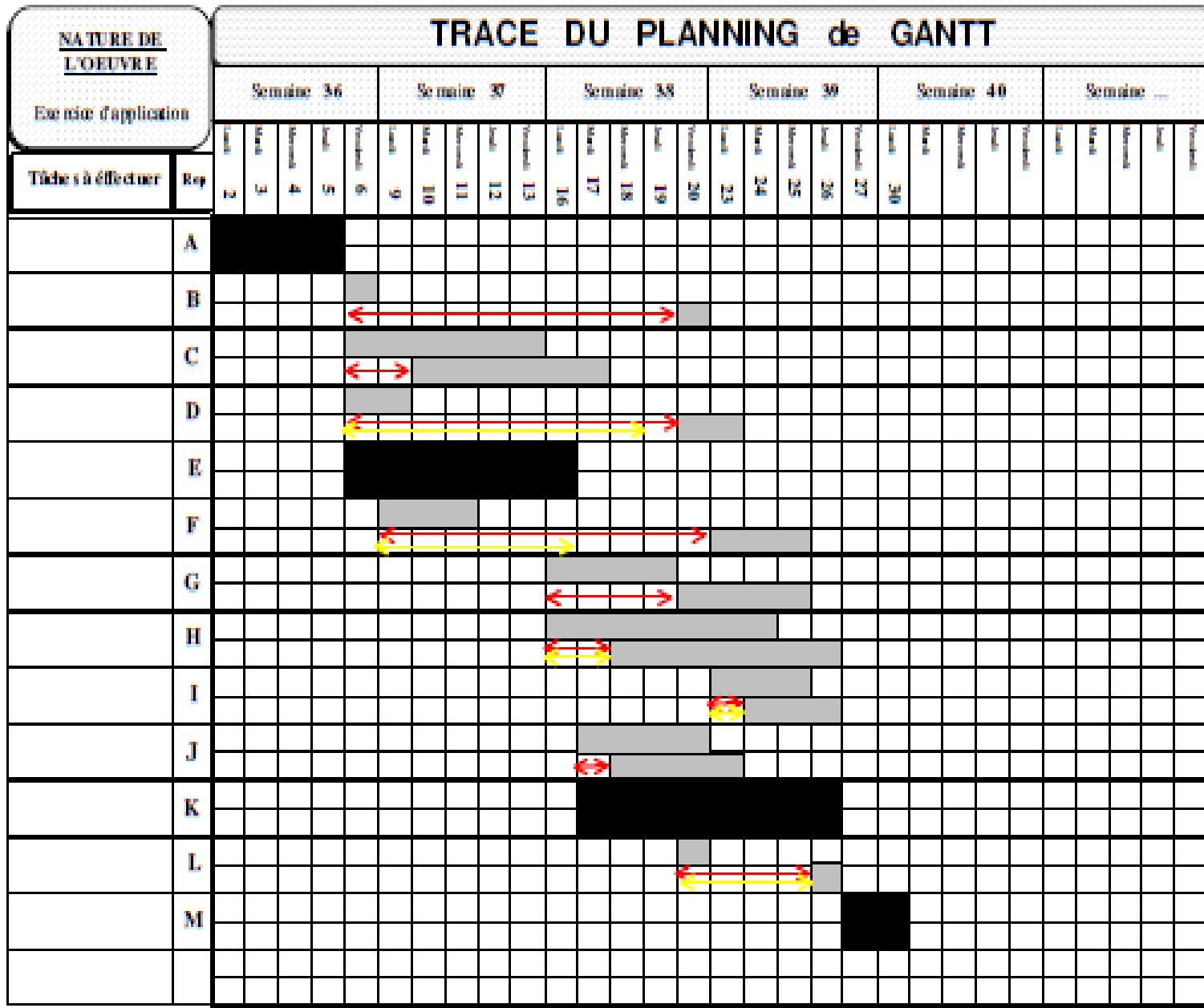


Date de plutôt		
	DTO	FTO
A	0	30
B	30	120
C	120	150
D	0	10
E	10	20
F	120	150
G	150	210
H	210	220

Date du plus tard		
Dta	Fta	Marge
0	30	0
30	120	0
180	210	60
190	200	190
200	210	190
120	150	0
150	210	0
210	220	0

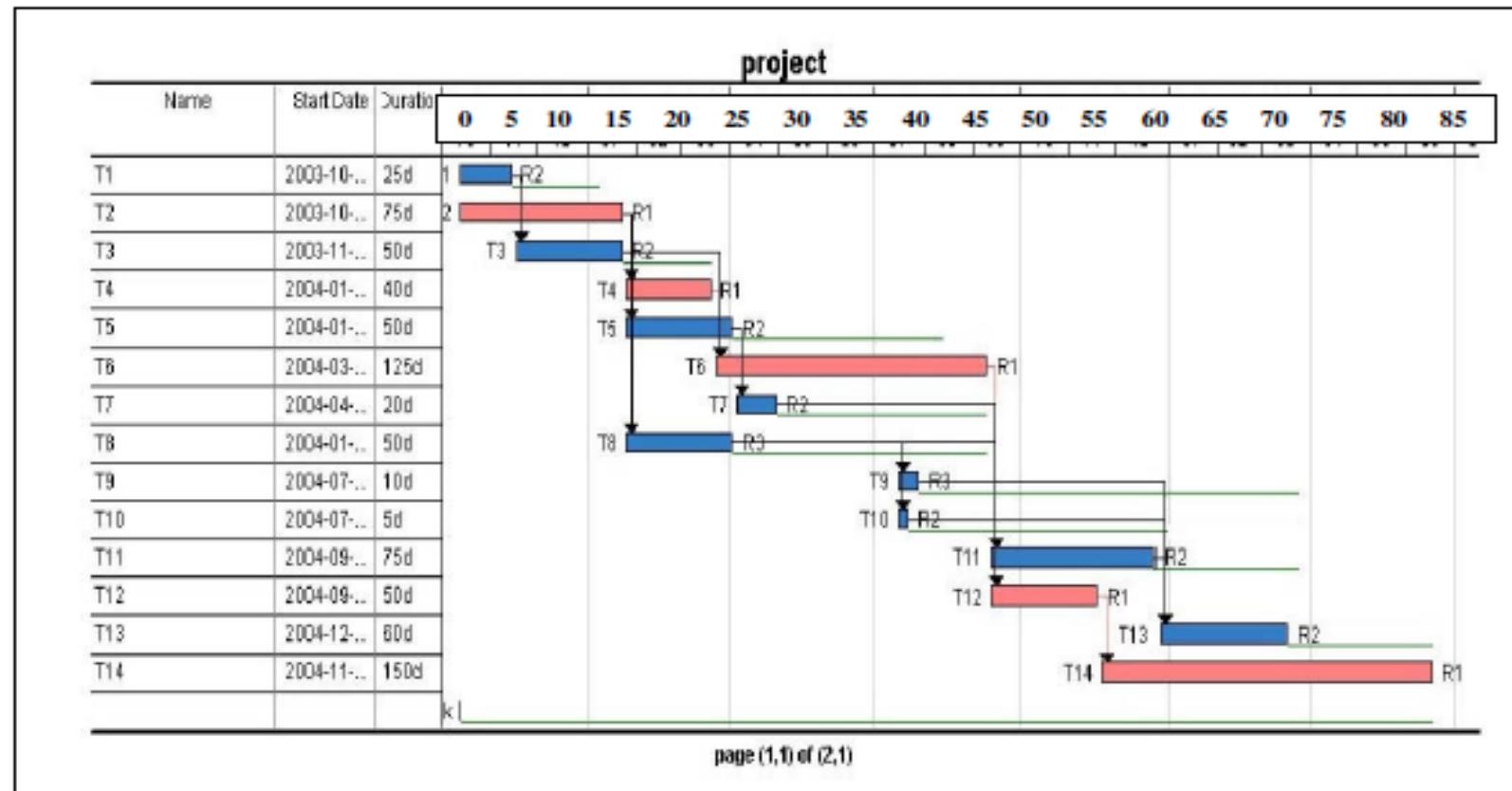
- Chemin critique : A-B-F-G-H

- Réseau au plutôt
- Réseau au plus tard
- Chemin critique



5. Proposer deux plannings correspondant au Pert sans date imposée, d'abord en chargeant au plus tôt, ensuite au plus tard. Vous les représenterez sur un diagramme Gantt.

Sans optimiser les ressources, on a le diagramme Gantt suivant :



Note: Les lignes vertes représentent le planning au plus tard.

• Merci pour
votre attention