

Cours d'études et économie de la construction

Planification et gestion financière de travaux

Chapitre 2

METHODE « POTENTIEL TACHES »

Sommaire

- 1 – Objectifs de la méthode
- 2 – Visualisation du déroulement d'une opération
- 3 - Notion de chemin critique
- 4 – Début au plus tôt, au plus tard d'une tâche
- 5 – Marge totale et marge libre
- 6 – Tâche critique
- 7 – Construction du graphe potentiel
- 8 – Application

CHAP 2 : METHODE « POTENTIEL- TACHES »

1) Objectifs de la méthode « potentiel-tâches »

- **Prévoir le déroulement des opérations** : il s'agit ici d'établir les programmes d'action et les situer dans le temps soit pour un ensemble de lots, pour un seul corps d'état ou pour une partie d'ouvrage.
- **Organiser l'exécution** : afin de réaliser les prévisions, on doit mettre en place les moyens en main d'œuvre, matériaux, et matériel.
- **Commander l'exécution des différentes phases de réalisation** : on doit pouvoir évaluer toutes les répercussions que peut entraîner l'enchaînement des travaux et notamment le respect des délais imposés.
- **Coordonner les différentes phases de réalisation** : en effet les travaux sont réalisés par des entreprises différentes ce qui nécessite une coordination tout au long du chantier.
- **Contrôler la réalisation** : on doit vérifier que la réalisation des travaux est conforme aux prévisions et pouvoir prendre toutes les mesures nécessaires pour rattraper tout écart.

Cette méthode s'avère relativement lourde dans le cas de projet simple. Cependant, elle s'avère indispensable dans le cas d'ouvrage complexe nécessitant l'interconnexion de plusieurs entreprises. De nombreux logiciels s'appuient sur cette méthode pour établir des plannings (Win Project).

Remarque :

Le planning Gantt (ou planning à barres) n'est qu'une représentation graphique facile à comprendre du planning potentiel. Le planning Gantt permet seulement d'effectuer un pointage à un moment donné mais ne permet pas d'envisager des modifications en appréciant correctement toutes les conséquences sur les différents corps d'état.

2) Visualisation du déroulement d'une opération

Un planning est un outil matérialisant une prévision et à ce titre, il se doit de répondre au mieux à la visualisation souhaitée (fonction des objectifs fixés) :

Dans le cadre de la coordination de travaux, l'objectif est d'organiser le déroulement d'un ensemble d'action interdépendantes en gérant rationnellement chacune des interventions des différentes entreprises présentes au cours de l'opération.

Ainsi, il est indispensable d'utiliser une représentation qui permettent de visualiser :

- les enclenchements entre les tâches (ordonnancement)
- les durées des tâches
- les marges disponibles pour leur exécution
- leur début au plus tôt, leur fin au plus tard
- la durée globale de l'opération

La représentation étudiée dans ce cours est le graphe « potentiel-tâches » constitué essentiellement par :

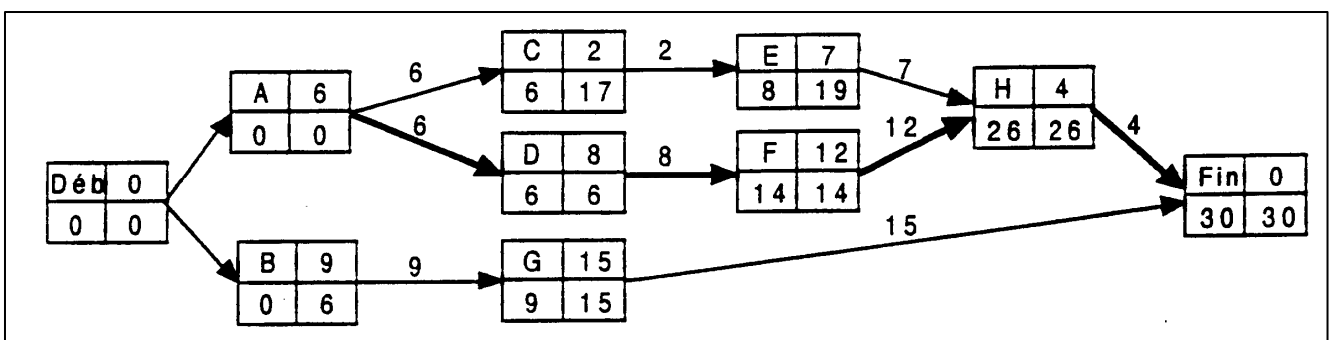
- **des sommets ou nœuds** qui représente les tâches
- **des liens** entre les tâches qui représentent les dépendances
- **des décalages** entre les tâches liées qui représentent les contraintes à respecter

→ Exemple de représentation :

On peut matérialiser la relation existant entre deux actions successives d'un travail au moyen d'une représentation schématisée très simple.

Le rapprochement des schémas liant deux à deux les différentes actions nécessaires à la réalisation du travail aboutit à « **une vue globale de la réalisation** ».

Cette représentation d'ensemble constitue un « **graphe** » :



Le sens adopté pour l'écoulement du temps est le sens normal de lecture (gauche à droite). Ainsi l'origine du graphe : « OS de démarrage » par exemple, sera situé « à gauche », alors que la fin du graphe « réception des travaux » par exemple, sera situé à droite.

Le graphe doit par ailleurs être assorti d'une légende, indispensable à la bonne compréhension du graphe et des calculs effectués :

Exemple :

Tâche	durée	Lien DD
Date de début au plus tôt	Date de début au plus tard	→

A noter qu'un graphe est utilisable dans les deux sens :

- partant d'une origine donnée (date de départ), on peut en déduire « *quand, au plus tôt* » on aura atteint l'extrémité (date de fin),
- inversement, partant d'une extrémité imposée (date limite de fin), on peut en déduire « *quand au plus tard* » on devra commencer le travail (date limite de départ).

Dans les deux cas, la maîtrise des dates de « *début* » = matin ou de « *fin* » = soir est nécessaire.

→ Remarques concernant la présentation du graphe

- **nécessité de créer des tâches fictives :**
 - OS de démarrage
 - Hors d'eau ; Hors d'air
 - Fin 1^{ère} tranche ; Fin des travaux
 - Réception

- **que le réseau doit être impérativement fermé**

Ce qui signifie que toutes les tâches n'étant liées ni à la fin des travaux ni à aucune autre tâche, devront obligatoirement, soit être reliées à une réception partielle, soit être affectées d'une date limite de fin

3) Notion de CHEMIN CRITIQUE

En général, un délai contractuel a été imposé par le maître d'œuvre.

Il en résulte qu'il existe des tâches dont la durée d'exécution ne peut être accrue sans augmenter le délai global. Ces tâches sont dites **CRITIQUES**.

Une tâche critique est telle qu'un retard dans son exécution entraîne un retard sur la livraison du projet en se répercutant sur les tâches qui suivent.

- ☞ **Pour le graphe précédent, donner un exemple de tâche critique. Justifier votre réponse :**

Les autres tâches peuvent donc s'exécuter simultanément; elles accompagnent les tâches critiques. Leur lancement peut être différé dans la mesure où ce retard n'a aucune influence sur le chemin critique. Ce battement possible pour la réalisation d'une tâche simultanée s'appelle **MARGE**.

- ☞ **A partir du graphe précédent, donner la « marge » de la tâche C. Justifier votre réponse :**

- ☞ **Par définition le chemin critique est la représentation de la suite des tâches ne comportant pas de marge (tâches dites « critiques »). Indiquer le :**

➔ Exploitation du graphe « potentiel-tâches »

Le graphe potentiel permet donc de :

- visualiser la durée de chaque tâche
- déterminer leur date de début et de fin au plus tôt
- déterminer leur date de début et de fin au plus tard
- visualiser la durée globale du déroulement de l'opération
- calculer les marges éventuelles
- repérer les deux types de tâches : critiques ou non critiques
- visualiser le ou les chemins critiques (chemin qui passe par les tâches critiques)

4) DÉBUT AU PLUS TÔT – DÉBUT AU PLUS TARD.

Une fois le graphe complété par la durée et les enclenchements des tâches, il est possible de déterminer les dates de début au plus tôt et de début au plus tard de chaque tâche.

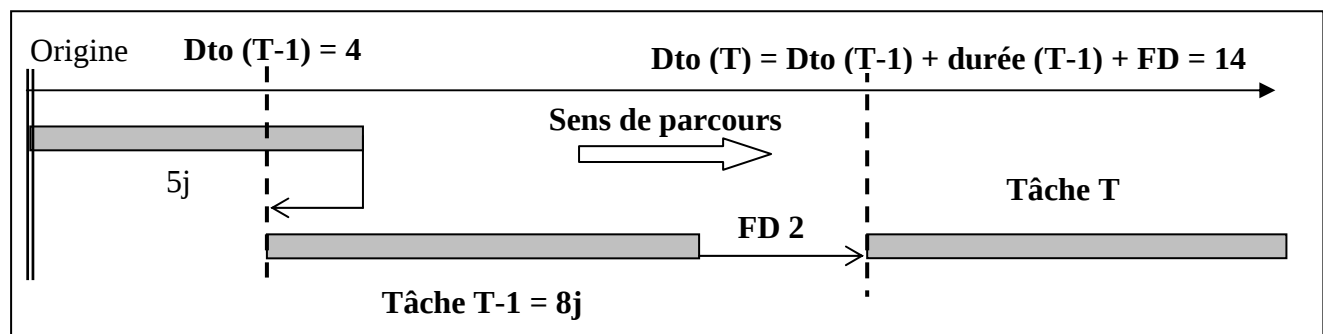
Début au Plus Tôt :

C'est la date la plus proche à laquelle on peut débiter la réalisation de la tâche.

On part de l'origine du projet en suivant les liaisons jusqu'à sa fin. Elle est égale au temps cumulé **le plus long** à partir de l'origine en considérant tous les chemins qui aboutissent à la dite tâche.

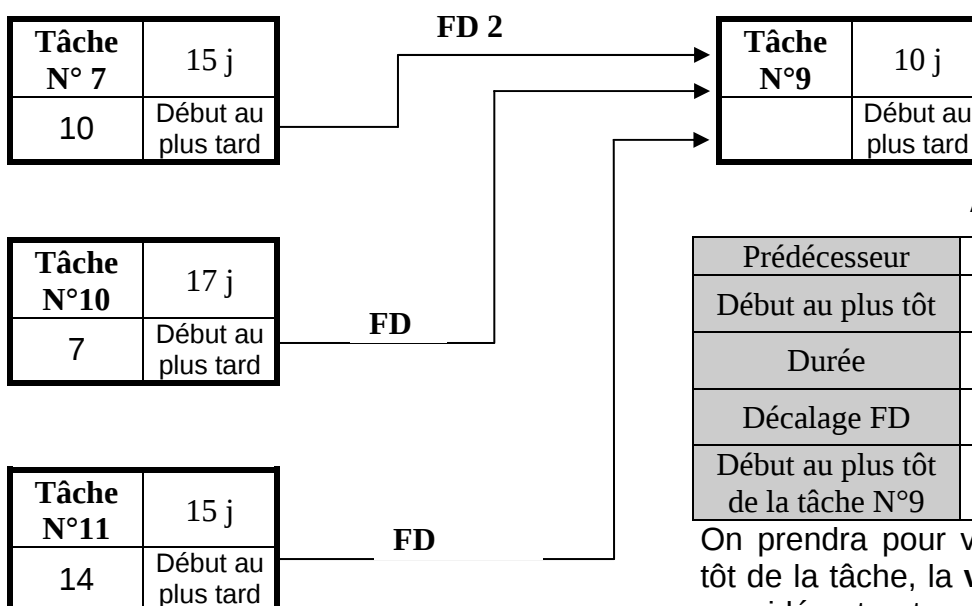
Le début au plus tôt de chaque tâche sera déterminé à partir des tâches immédiatement précédentes, de leur durée, de leur date de début au plus tôt et du type de liaison entre les tâches :

LIAISON FIN-DEBUT



Pour la calculer, il faut ajouter à la date au plus tôt de chacune des étapes immédiatement précédentes de l'étape considérée la contrainte FD + durée de cette tâche précédente. Parmi les valeurs obtenues, on choisit la plus élevée.

Application : déterminer la date au plus tôt de la tâche n°9

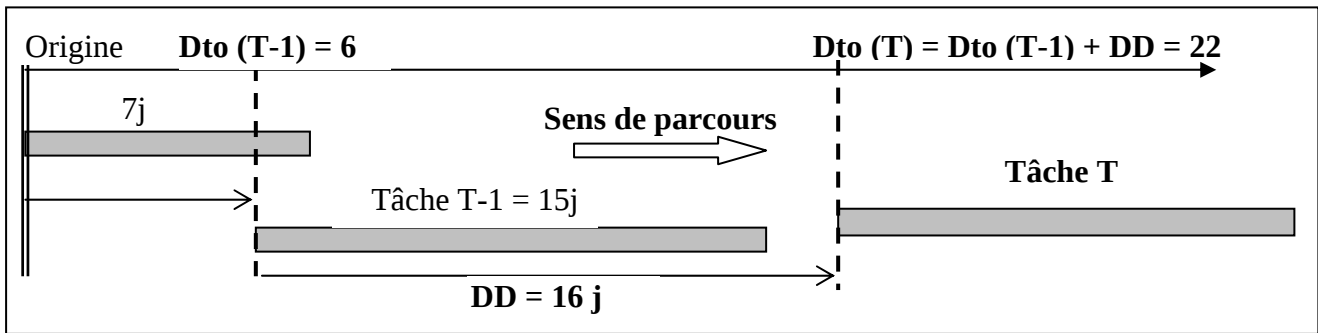


A COMPLETER

Prédécesseur	N°7	N°10	N°11
Début au plus tôt			
Durée			
Décalage FD			
Début au plus tôt de la tâche N°9			

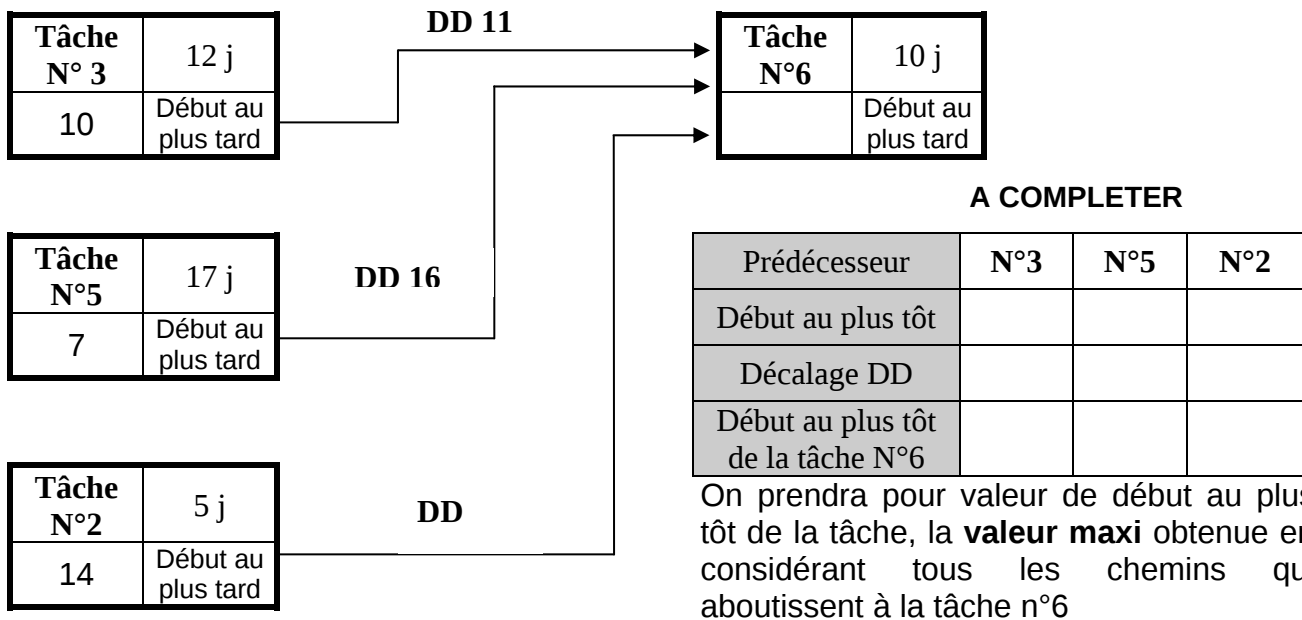
On prendra pour valeur de début au plus tôt de la tâche, la **valeur maxi** obtenue en considérant tous les chemins qui aboutissent à la tâche n°9

LIAISON DEBUT-DEBUT



Pour la calculer, il faut ajouter à la date au plus tôt de chacune des étapes immédiatement précédentes de l'étape considérée la contrainte DD. Parmi les valeurs obtenues, on choisit la plus élevée.

Application : déterminer la date au plus tôt de la tâche n°6



A NOTER :

La date de début au plus tôt de la tâche « Fin du Projet » déterminera la durée du projet. (voir exemple paragraphe 2)

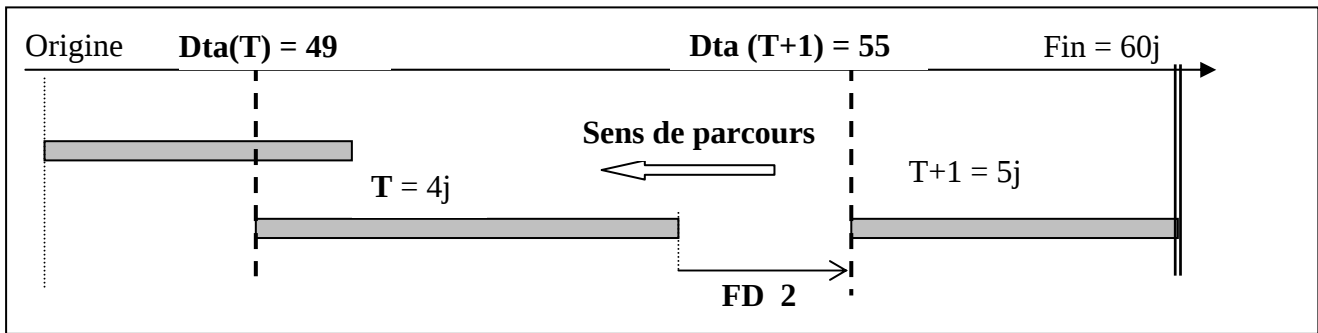
Début au Plus tard :

C'est la date limite à laquelle cette tâche doit débuter au plus tard afin de ne pas causer de retard dans la réalisation totale du projet.

Pour la calculer, on part de la fin du projet en remontant à son début en suivant les liaisons. Elle est égale au temps **le plus faible** obtenu en remontant de la dernière tâche vers la première

La date de début au plus tard de la tâche « FIN » est la même que sa date au début au plus tôt (voir exemple paragraphe 2).

LIAISON FIN-DEBUT



Pour la calculer, il faut soustraire à la date au plus tard de chaque étape immédiatement suivante de l'étape considérée, la contrainte FD + durée de la tâche considérée. Parmi les valeurs obtenues, on choisit la plus petite.

Application : déterminer la date au plus tard de la tâche n°21

Tâche N° 21	15 j
Début au plus tôt	

FD 2

Tâche N°23	10 j
Début au plus tôt	25

A COMPLETER

Successeur	N°23	N°25	N°26
Début au plus tard			
Décalage FD			
Durée tâche 21			
Début au plus tard de la tâche N°21			

On prendra pour valeur de début au plus tard de la tâche, la **valeur mini** obtenue en considérant tous les chemins qui partent de la tâche n°21

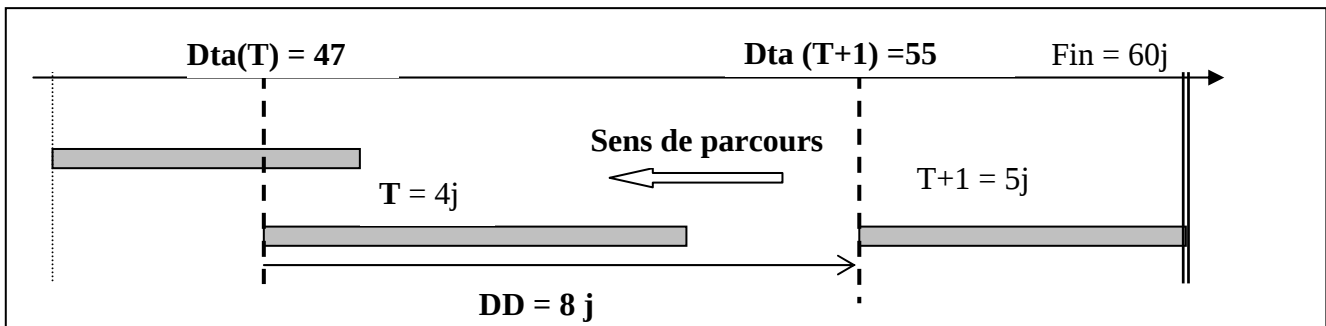
FD

Tâche N°25	17 j
Début au plus tôt	20

FD -1

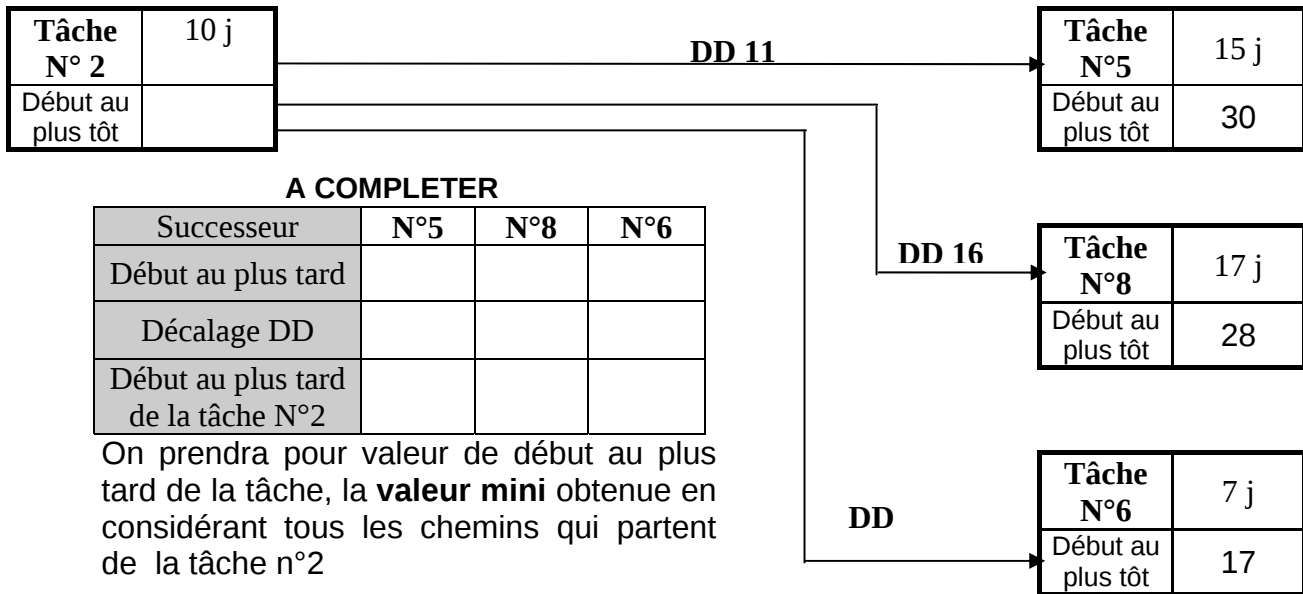
Tâche N°26	7 j
Début au plus tôt	23

LIAISON DEBUT-DEBUT



Pour la calculer, il faut soustraire à la date au plus tard de chaque étape immédiatement suivante de l'étape considérée, la contrainte DD. Parmi les valeurs obtenues, on choisit la plus petite.

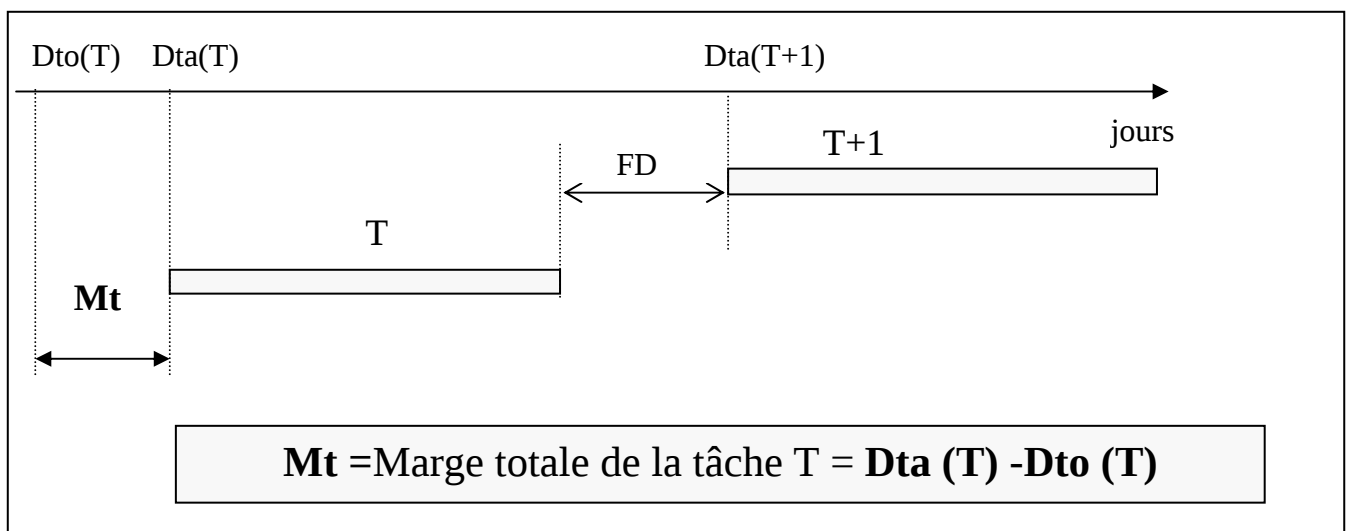
Application : déterminer la date au plus tard de la tâche n°2



5) MARGE TOTALE ET MARGE LIBRE

Il existe 2 types de Marges :

- **Marge totale d'une tâche (Mt)** : C'est le retard maximum qu'il est possible de prendre dans son exécution sans allonger le délai total du projet
 - elle peut entraîner le déplacement des dates de début au plus tôt des tâches suivantes,
 - elle ne déplace pas la date de début au plus tard des tâches suivantes.

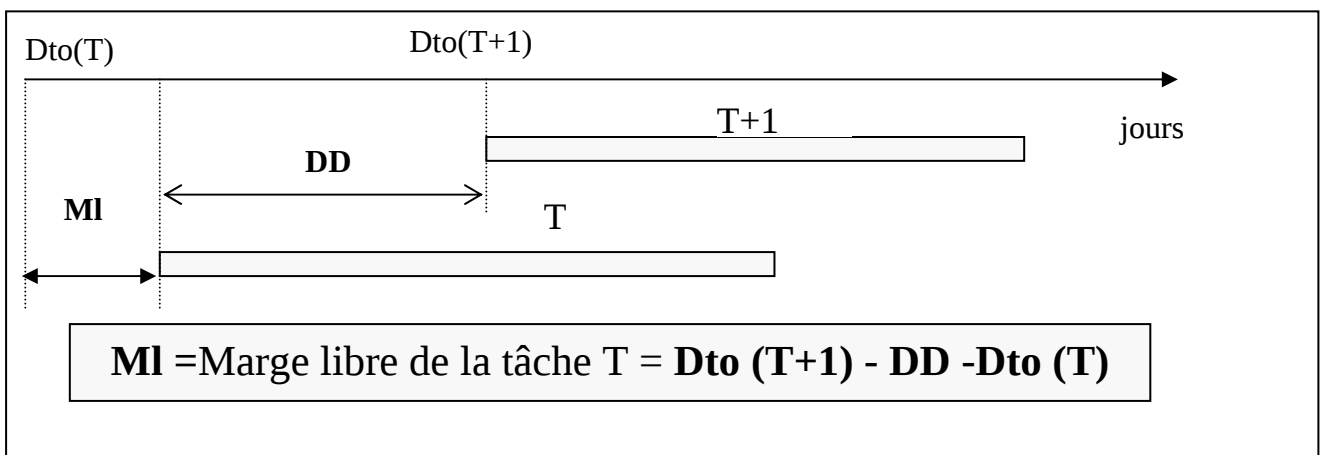


• **Marge libre d'une tâche (MI) :** C'est le retard maximum qu'il est possible de prendre dans son exécution sans allonger le délai total, mais aussi sans décaler l'exécution d'aucune autre tâche.

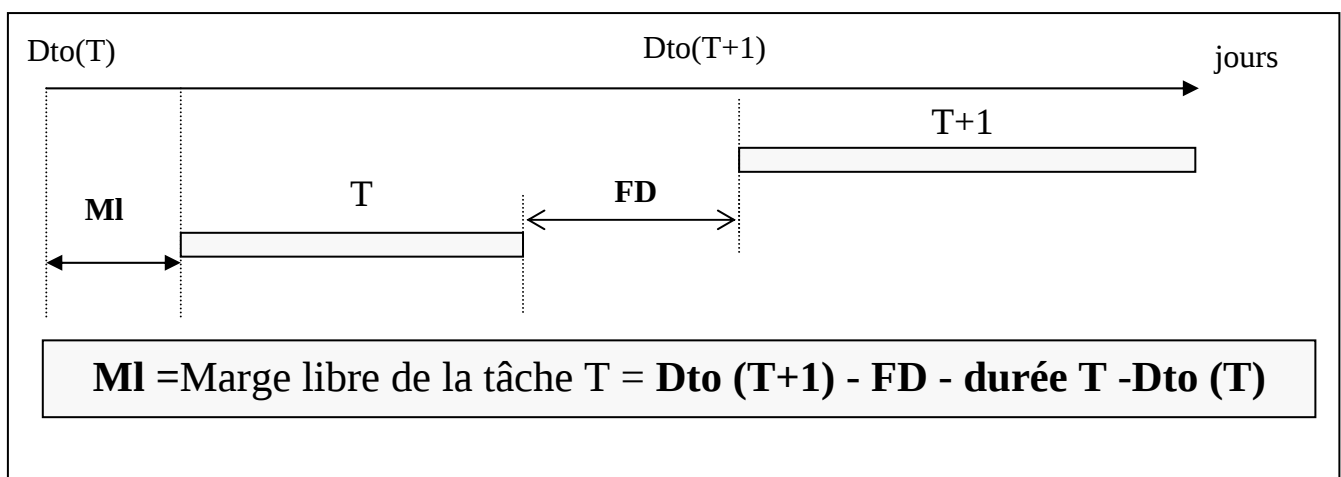
- Elle correspond donc au début au plus tôt de la tâche "T" jusqu'au début le plus tardif de cette tâche "T" qui ne décale pas la date au plus tôt des tâches suivantes

Le calcul des **MARGES LIBRES** est fonction du type de liaison entre les tâches (liaison **FD** (Fin – Début), liaison **DD** (Début – Début)) :

- expression de la marge libre avec lien DD



- expression de la marge libre avec lien FD



A NOTER :

- ⊗ La marge Libre est toujours inférieure ou égale à la marge Totale : $M_L \leq M_T$

6) TACHE CRITIQUE

Après avoir déterminé les dates de début au plus tôt et les dates de début au plus tard de chaque tâche, on détermine les tâches critiques ; ce sont celles qui ont les dates de début au plus tôt égales à leur date de début au plus tard.

⊗ **Les tâches critiques ont leurs marges nulles $M_T = M_L = 0$**

- Ces tâches critiques déterminent la durée du projet et ne peuvent être modifiées sans affecter la date de fin du projet.
- Les autres tâches (non critiques) peuvent par contre être déplacées en fonction de leur marge, sans affecter la date de fin du projet

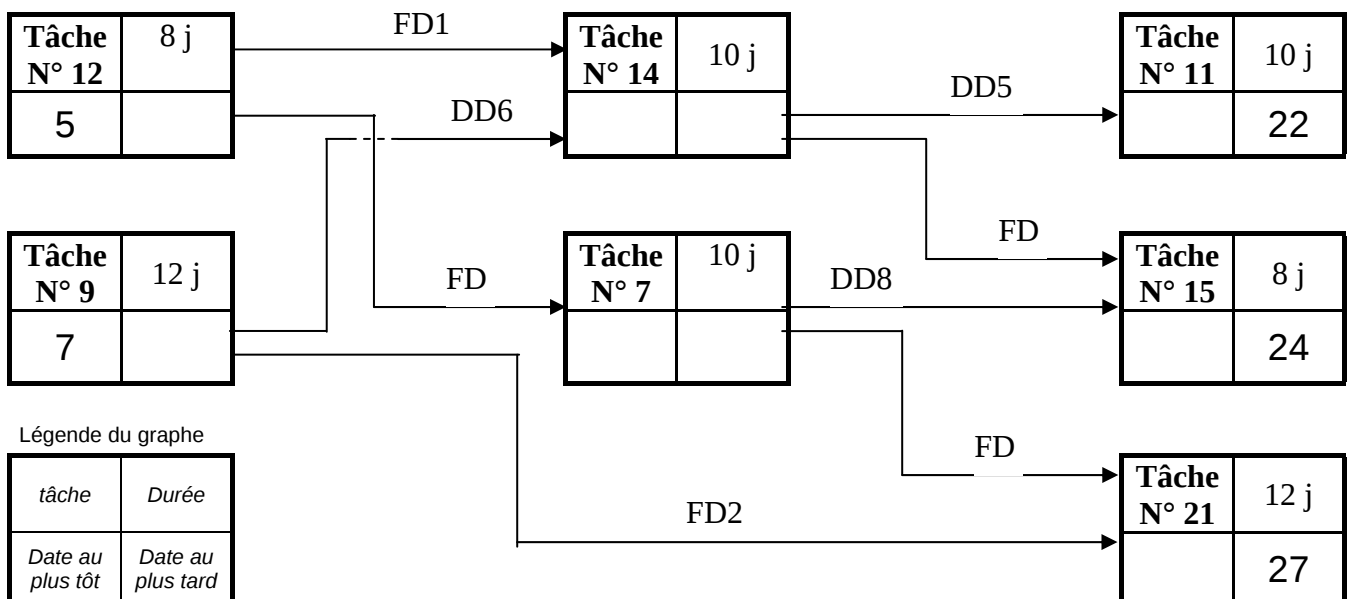
L'ensemble des tâches critiques constitue le chemin critique du projet.

Représentation du chemin critique:

- Sur les graphes potentiels, il suffit par exemple de souligner les tâches critiques ainsi que les vecteurs contraintes.
- Sur le planning Gantt, il est facile de représenter les marges libres. Cependant, la visualisation du chemin critique est moins évidente. Par conséquent, **les barres (phases) sont reliées entre elles**, permettant une visualisation du chemin critique. Ce type de planning est appelé **planning Gant Lié**.

Application :

- 1) compléter les dates au plus tôt et au plus tard du graphe potentiel ci-dessous
- 2) Mettre en évidence le chemin critique (surligner les liaisons et le n° de tâche)
- 3) calculer les marges totale et libre des tâches N°14, N°7, N°12 et N°9



CALCUL DES DATES AU PLUS TOT / TARD



CALCUL DES MARGES

[illegible]

***Liaison FD:** $M_L = \text{Date au plus Tôt (i+1)} - \text{FD} - D_i - \text{Date au plus Tôt (i)}$

***Liaison DD** : $M_L = \text{Date au plus Tôt (i+1)} - DD - \text{Date au plus Tôt (i)}$

7) Construction du graphe potentiel

Pour qu'une tâche puisse commencer, il faut que toutes les contraintes temps des tâches antécédentes (précédents) soient respectées.

a) Etablir la liste des tâches sous forme de tableau

Ce tableau doit traduire :

- La décomposition de l'opération en tâches de réalisation
- La durée de chaque tâche déterminée à partir d'enquête auprès des entreprises
- La prévision de l'ordre logique entre chaque tâche (prédécesseurs ou successeurs) déterminée à partir d'enquête auprès des entreprises ou par l'expérience.

Exemple :

Ref.	Désignation des tâches	Durée (jours)	Antécédent	Lien DD (jours)
A	Terrassement	7		
B	Fondation	9	A	6
C	murs	6	B	15
D	poteaux	5	B	13
E	Remblaiement	8	D C	10 10

b) Classer les tâches par rang ou par niveau

Il s'agit de faciliter le tracé du graphe en permettant de repérer à l'avance la position des tâches

Méthode des rangs (ou méthode matricielle)

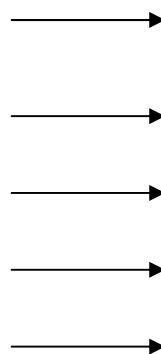
Cette méthode permet de déterminer le niveau (ou rang) de chaque tâche.

Le niveau de chaque tâche étant déterminé, cela nous permettra de les positionner sur l'organigramme. Pour déterminer les différents rangs de l'ensemble des tâches, on met en place la matrice potentiel ou d'antériorité. Il s'agit d'un tableau à double entrée :

- Les lignes correspondent aux phases
- Les colonnes correspondent aux phases antérieures

↓ a pour prédécesseur →

	A	B	C	D	E
A					
B	X				
C		X			
D		X			
E			X	X	



rang	1	2	3	4
0	A			
1		B		
1			C	
1			D	
2				E

↑
Nombre de tâches qui précèdent immédiatement

Comment remplir la matrice potentiel ?

- Repérer par une croix les phases antérieures à chaque tâche, positionnée sur l'intersection de la ligne et de la colonne correspondante.
- Compléter la matrice par les tracés pratiques suivant :
 - Tracé d'une horizontale pour les lignes correspondant aux premières tâches (elles n'ont pas de prédécesseurs)
 - Tracé d'une verticale pour les colonnes correspondant aux dernières tâches (elles n'ont pas de successeurs)
 - Tracé d'une oblique sur la diagonale principale de la matrices (une tâche ne peut se suivre ou se précéder)

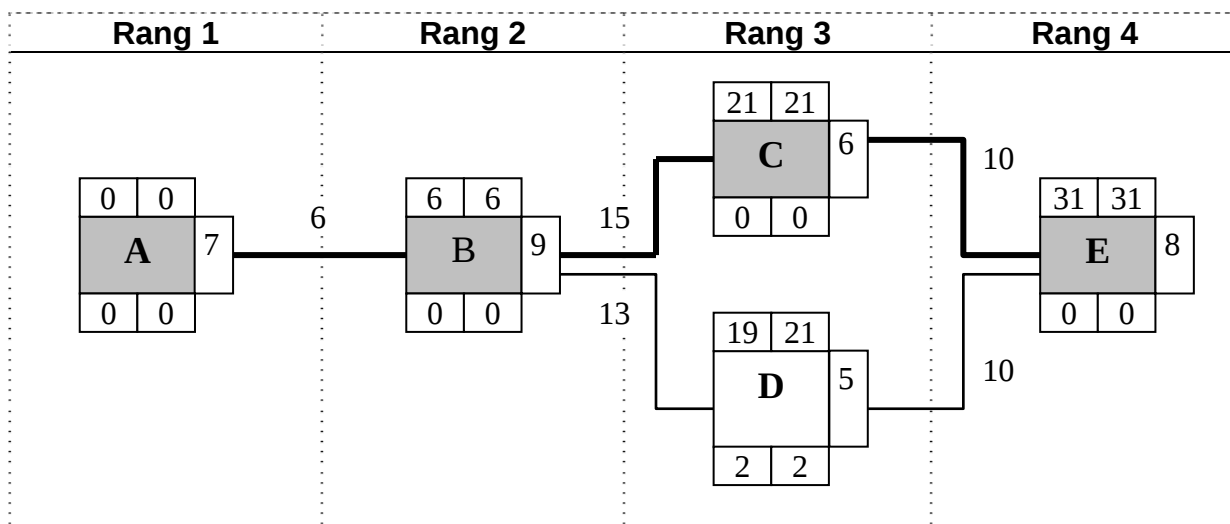
Comment déterminer les rangs des différentes phases ?

- Les lignes où il n'y a pas de croix, ce sont des phases de rang n° 1
- On trace un tableau en vis à vis de la matrice en inscrivant en tête de colonne les rangs et en début de chaque ligne, le nombre de "X" qui représentent le nombre de tâches qui précèdent immédiatement
- On détermine ensuite les rangs de la façon suivante :
 - Premières tâches : → prédécesseurs = 0 → rang n°1
 - Tâches qui suivent immédiatement les premières tâches : → rang n°2
 - Tâches qui suivent immédiatement les tâches de rang 2: → rang n°3
 - On procède ainsi pour chaque tâche en considérant toutes les tâches qui suivent immédiatement

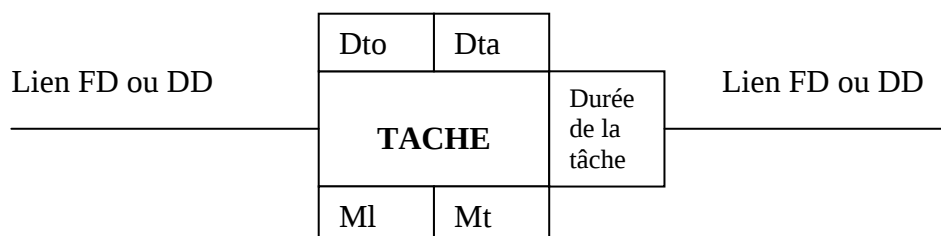
Remarque importante : Lorsqu'une tâche est liée à des tâches de rangs différents, le rang de cette tâche est égal au rang le plus élevé des tâches antérieures **augmenté de 1**.

c) Tracé du graphe potentiel

- Tracer des colonnes correspondant au nombre de rang.
- Classer les tâches par colonnes en fonction de leur rang en les représentant sous forme de cellule
- Relier les cellules par les liens
- Calculer les dates de début au plus tôt
- Calculer des dates de début au plus tard
- Calculer les marges totale et libre

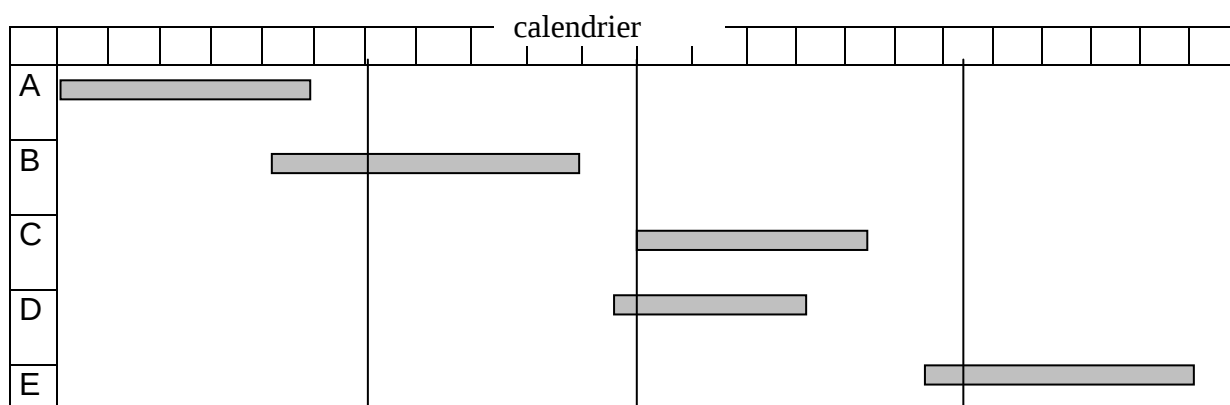


Légende de repérage de la cellule représentant la tâche



d) Représentation par un planning à bande de type Gantt

Sur un calendrier, on reporte la durée, les liens, les dates de réalisation des tâches. Les jours calendaires travaillés et non travaillés sont repérés. Par sa facilité de lecture pour tous les intervenants, c'est le document utilisé pour l'exploitation sur chantier.



8) Application :

Situation : Coordonnateur OPC pour un projet de construction de pavillon, vous êtes chargé de planifier les travaux de construction d'une toiture complète constitué des éléments de charpente en bois, de couverture en ardoises et des éléments d'évacuation des eaux pluviales.

► Après enquête auprès des entreprises concernées par ces travaux, vous établissez le tableau d'enchaînement et de durée des tâches suivantes :

N°	Désignation des TACHES	DUREE (jours)	Successeurs	Lien FD
A	Approv. charpente	1	B	0
B	Pose charpente	4	M	0
			D	0
C	Pose écran souple	1	F	0
D	Voligeage rive et noues	2	E	-1
E	Pose gouttière zinc	4	C	-1
			G	0
			H	0
F	Liteaunage versants	3	H	-1
G	Descente eaux pluviales	2	J	0
H	Pose ardoises	7	I	-3
			J	1
I	Finitions couverture	2	J	0
J	Repliment	1		
K	Approv. ardoises	1	H	0
L	Approv. zinguerie	1	E	0
M	Souche enduite	1	I	0

Démarche :

- 1) Etablir la matrice d'antériorité.
- 2) En déduire le classement des tâches par rang sous forme de tableau.
- 3) Effectuer le tracé du graphe potentiel tâche en respectant le classement par rang.
- 4) Calculer les dates au plus tôt et au plus tard pour chaque tâche en les reportant sur le graphe.
- 5) En déduire les marges libres et totales.
- 6) Préciser le chemin critique.
- 7) Etablir le planning Gantt au plus tôt

Ce planning doit permettre de repérer ou d'interpréter facilement les tâches proprement dites (n°, désignation, durée), les tâches critiques et non critiques, les marges libres et totales.

On prévoit 5 jours travaillés par semaine. Les travaux de toiture doivent démarrer le 10 Février 2003

Classement des tâches par rang

[illegible]

Graphe potentiel tâche*

***Légende de repérage de la cellule représentant la tâche**

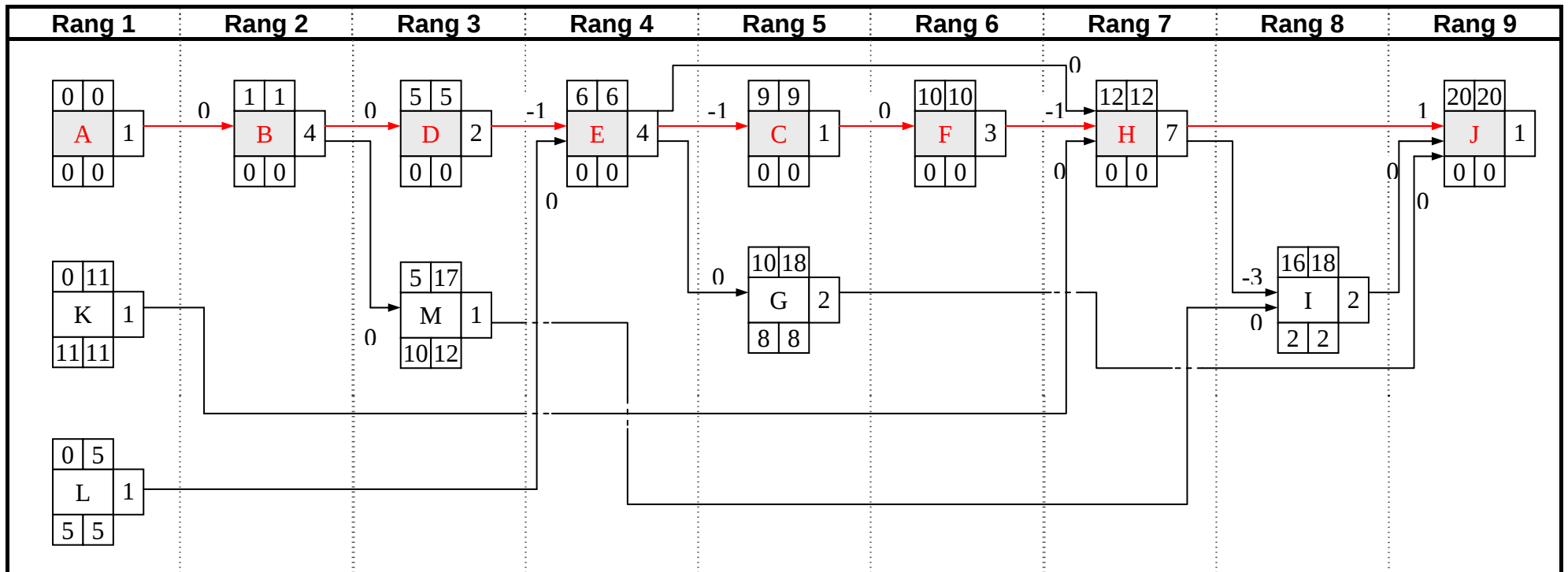


Planning à bande Gantt

[illegible]

Légende :

Graphe potentiel tâche*



Graphe potentiel tâche*

