

Matière – Projet

2^{ième} Année Ingénieur

Mr. Abdellah Khababa akhababa@univ-setif.dz

Mr. Youssef Boulkhiout youssef.boulkhiout@univ-setif.dz

Mme. Fairouz Hadi fairouz.hadi@univ-setif.dz

Département d'informatique
Faculté des sciences

Université Ferhat Abbas - Sétif 1

18 février 2024



Table des matières

1 La méthode de planning GANTT

- Généralités
- Construction du diagramme GANTT
- Calcul des marges
- Utilisation du tableau
- Exemples
- Optimisation des ressources

Généralités

- Le suivi de l'avancement de l'œuvre 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 (la tâche est représentée par segment de droite dont la longueur est proportionnelle au temps). On l'appelle également **planning à bandes**.
- Cette méthode est proposée par Henry Laurence Gantt en 1910 et encore très répandue. Elle consiste à déterminer la manière de positionner les différents tâches d'un projet à exécuter, sur une période déterminée.

Généralités

- **Objectifs** : Le but de la Méthode GANTT :
 - 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'œuvre.
 - Permet d'établir la situation des stocks.
 - Permet d'établir le calendrier des opérations ou tâches à mettre en œuvre pour réaliser un projet.
- **Les domaines d'application** : Les domaines d'application de la méthode GANTT sont les mêmes domaines que le graphique PERT.
- **Conditions de mise en œuvre** : Son application est indispensable après le graphique PERT si le projet est complexe, ou seule si le projet est simple.

Construction du diagramme GANTT

Exercice type

1 Exercice type :

- Déterminer les niveaux des différentes tâches.
- Tracer le diagramme GANTT.
- Calculer les dates au plus tôt, les dates au plus tard.
- Mettre en évidence le chemin critique.
- Proposer un ajustement des tâches au plus tard.

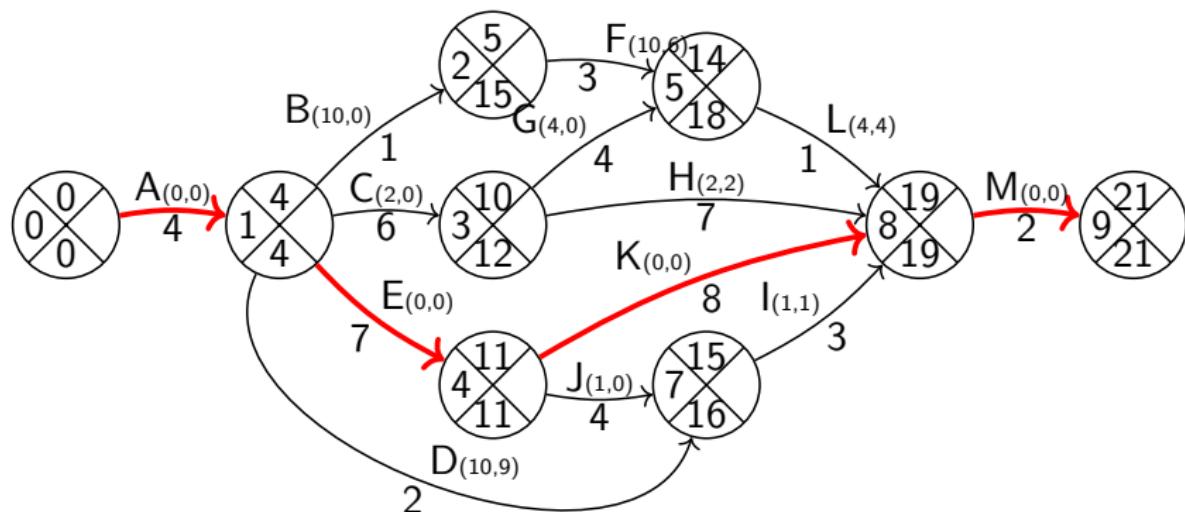
Opération	Taches	Durée	Antériorités	Rang
A	X	4	Rien	1
B	X	1	A	2
C	X	6	A	2
D	X	2	A	2
E	X	7	A	2
F	X	3	B	3
G	X	4	C	3
H	X	7	C	3
I	X	3	DJ	4
J	X	4	E	3
K	X	8	E	3
L	X	1	FG	4
M	X	2	HIKL	5

Construction du diagramme GANTT

Exercice type

Réseau PERT : avec calcul des dates au plus tôt, date au plus tard, marges totales, marge libres et détermination du chemin critique.

Rang 01	Rang 02	Rang 03	Rang 04	Rang 05
A	BCDE	FGHJK	IL	M



Construction du diagramme GANTT

Exercice type

Complétez le diagramme GANTT suivant :

Jours Tâches	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
A																						
B																						
C																						
D																						
E																						
F																						
G																						
H																						
I																						
J																						
K																						
L																						
M																						

Construction du diagramme GANTT

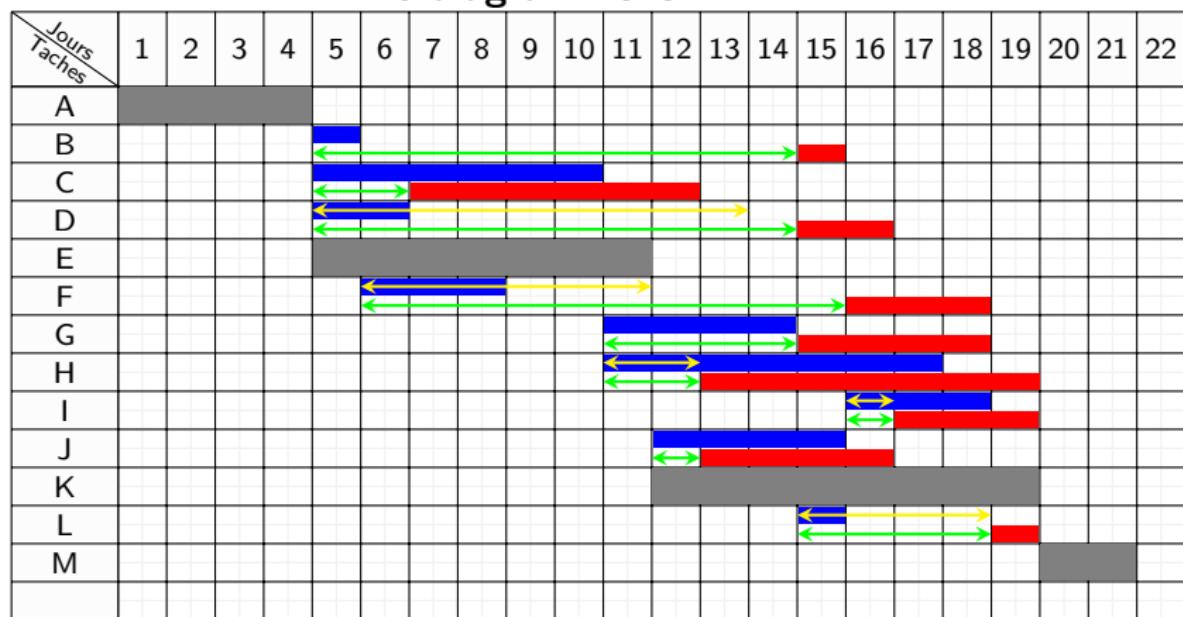
Utilisation de la matrice

- 1 Remplir la **1^{ière} colonne** : inscrire les identifications des tâches.
- 2 Remplir la **1^{ière} ligne** : inscrire les dénominations temps à les- quelles l'œuvre est exécuté.
- 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**. La même procédure **sur la ligne inférieure** mais en se basant **sur les dates au plus tard**.
 - Si le diagramme n'est pas composé de deux lignes pour chaque tâche, il faudra effectuer deux diagrammes de GANTT. Un dia- grammme au plus tôt et un au plus tard.
 - 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**.

Construction du diagramme GANTT

Exercices

Le diagramme GANTT



Calcul des marges

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'œuvre, mais qui imposera que les tâches suivantes soient commencées aux dates au plus tard.

$$\begin{aligned}\text{Marge totale } &= \text{Date de fin au plus tard de la tâche} - \text{Date de début au plus tôt de la tâche} - \text{La durée de cette même tâche} \\ &= \text{Date de fin au plus tard de la tâche} - \text{Date de fin au plus tôt de la tâche}\end{aligned}$$

Calcul des marges

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 du travail.

Marge libre
d'une tâche

=

Date de fin
au plus tôt
de la tâche

-

Date de début
au plus tôt
de la tâche

-

La durée de
cette même
tâche

Calcul des marges

- **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.
- **Exercice** : 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.

Utilisation du tableau

■ **Question :** Complétez le tableau suivant :

Tâches	Antériorités	Supériorités	Durée	Début		Fin		Marges		Chemin Critique
				+Tôt	+Tard	+Tôt	+Tard	Total	Libre	
A	Rein		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

■ Corrigé : Tableau de calcul des marges - PERT analytique.

Tâches	Antéri orités	Supéri orités	Durée	Début		Fin		Marges		Chemin Critique
				+Tôt	+Tard	+Tôt	+Tard	Total	Libre	
A	Rein	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

Exemples

Exemple 01

1 **Exemple n°1 :** Soit un projet comprenant 8 tâches définies par le tableau suivant:

- Tracer le réseau de tâches en fonction de contraintes.
- Calculer les marges libres, les marges totales.
- Tracer le réseau GANTT à Jalonnement au plus tôt et le réseau GANTT à Jalonnement au plus tard.

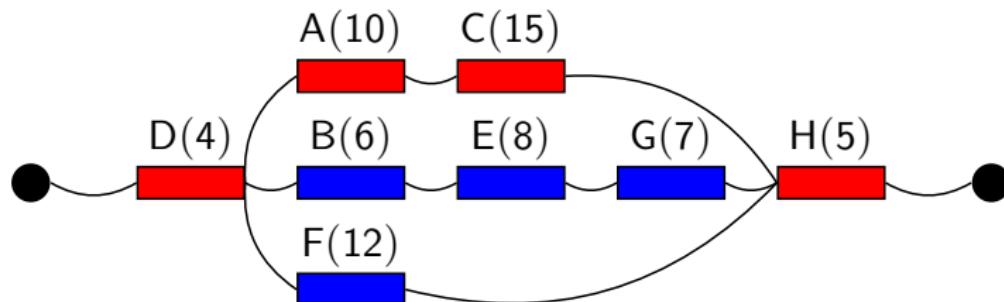
Tâches	Antériorités	Durée
A	D	10
B	D	6
C	A	15
D	/	4
E	B	8
F	D	12
G	E	7
H	FCG	5

Exemples

Exemple 01

Corrigé (1) :

- Réseau de tâches en fonction de contraintes :

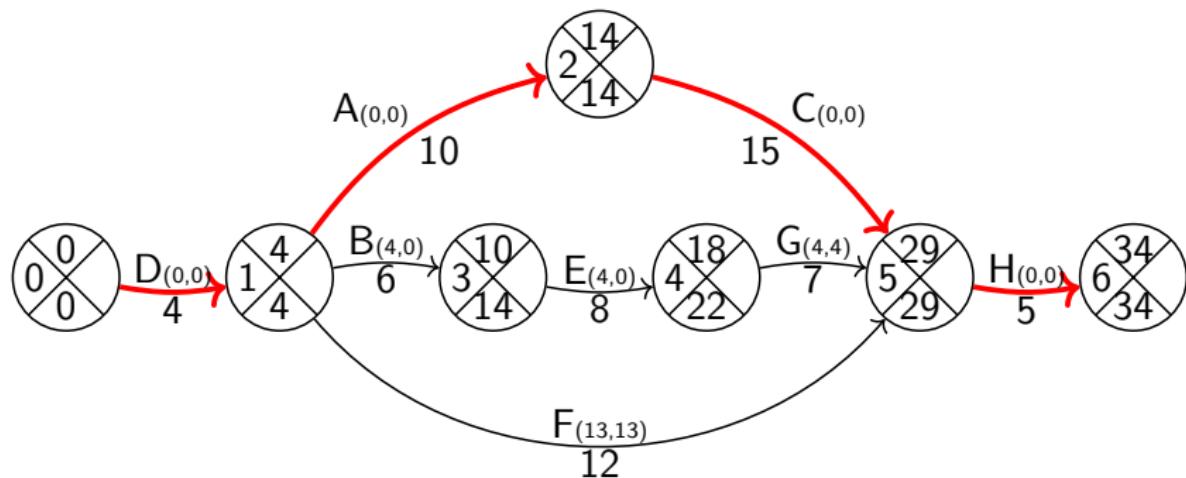


- En **rouge**, le chemin critique est composé des tâches dites critiques pour lesquelles un retard éventuel de réalisation entraînerait une augmentation globale de la durée de projet (34 jours)

Exemples

Exemple 01

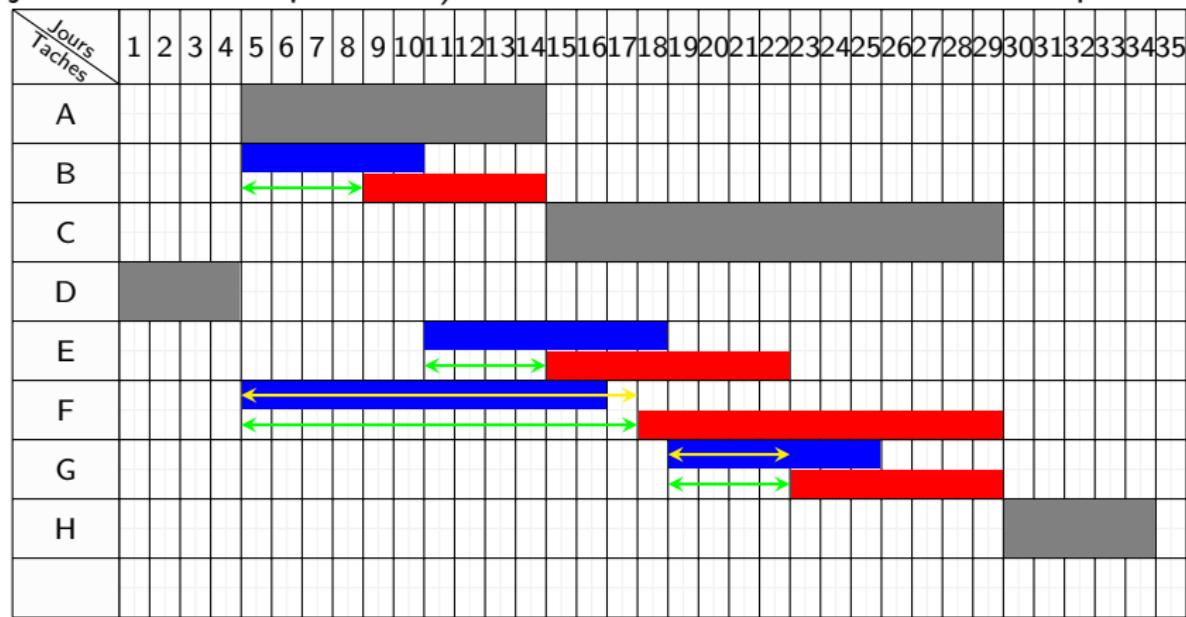
Corrigé (2) : le diagramme PERT avec calcul des dates au plus tard, marges totales et libres détermination du chemin critique.



Exemples

Exemple 01

Corrigé (3) : le diagramme GANTT (jalonnement au plus tôt et jalonnement au plus tard) avec détermination du chemin critique.



Exemples

Exemple 02

1 Exemple n^o2 : Soit l'ordonnancement de la production de 100 pièces référencées ZCC et devant subir des opérations sur *les postes P1, P2 et P3*. Dans le premier cas la production se termine au bout de *10 heures*. Si les *lots sont fractionnés en 4*, il est possible d'effectuer un chevauchement. Cela va se traduire par un transfert au poste suivant *toutes les 25 pièces*. La production se termine maintenant au bout de *7 heures*, on a gagné *3 heures*.

Jours Tâches	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
P1	■■■■										
P2			■■■■■■■■								
P3							■■■■■■■■				

Jalonnement au plus tôt

Jours Tâches	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
P1	■■■■										
P2			■■■■■■■■								
P3							■■■■■■■■				

Jalonnement au plus tôt avec chevauchement

Optimisation des ressources

- L'optimisation des ressources est une technique d'analyse de réseau de planification appliquée à une planification qui a déjà été analysée par une méthode du chemin critique.
- L'optimisation des ressources est nécessaire lorsque les ressources ont été sur-utilisées.
- **Exemple** : lorsqu'une ressource a été affectée à deux tâches ou plus au cours de la même période. Il peut également être nécessaire lorsque certaines ressources sont disponibles en quantités limitées, alors que le calendrier exige plus que les quantités disponibles.
- En bref, l'optimisation des ressources est utilisée lorsqu'il y a un conflit de ressources (c'est-à-dire lorsque le calendrier nécessite plus que les ressources disponibles) ou lorsqu'il est nécessaire de maintenir l'utilisation des ressources à un niveau constant.

Optimisation des ressources

Deux exemples de techniques d'optimisation des ressources :

1 Nivellement des ressources (resource leveling) :

ré-ordonnancement des activités d'un planning tenant compte de la logique séquentielle et des contraintes de disponibilité de ressources. Lorsqu'une activité ne peut être réalisée à une certaine date parce qu'on manque de ressources, elle est reculée jusqu'au moment où les ressources nécessaires seront disponibles, ce qui conduit souvent à reculer la ou les dates objectif souhaitées du projet.

2 Lissage des ressources (resource smoothing) :

est une procédé d'utilisation des marges permettant une mobilisation des ressources aussi uniforme que possible (ne pas confondre avec nivellation), sans décaler les dates objectifs du projet. Le lissage admet une augmentation éventuelle des moyens prévus initialement.

Optimisation des ressources

Comparaison entre nivellation et lissage des ressources :

Nivellement des ressources	Lissage des ressources
Une technique de planification à ressources limitées c.-à-d. les ressources sont la principale contrainte.	Une technique de planification à durée limitée c.-à-d. la date de fin du projet est la contrainte principale.
Supprime tous les conflits de ressources.	Supprime les conflits de ressources en retardant les tâches dans leurs marges.
Utilisé lorsque les ressources sont sur-affectées	Utilisé lorsque les ressources sont utilisées de manière inégale.
Peut être appliqué aux tâches de chemin critique.	Les tâches de chemin critique sont intouchables.
La date de fin du projet peut changer.	La date de fin du projet ne change pas.
Le chemin critique change (augmente).	Le chemin critique ne change pas.

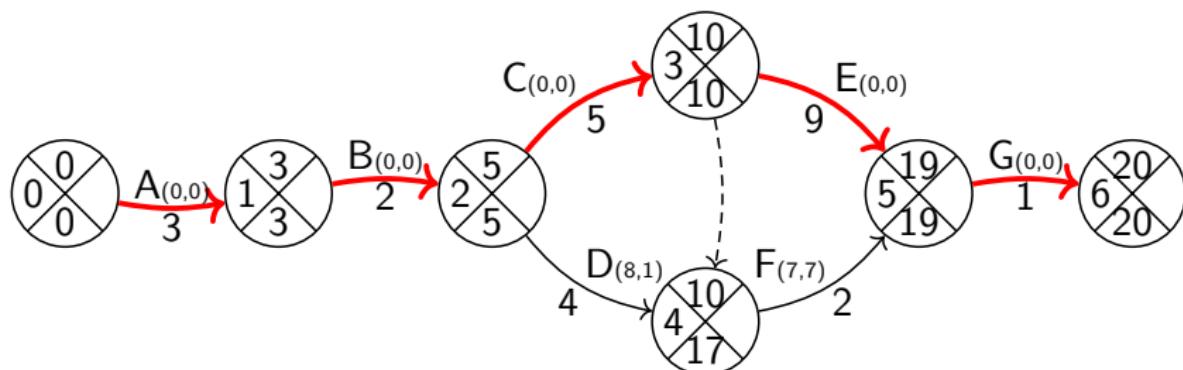
Optimisation des ressources

Exemple : Considérez un projet avec 7 tâches comme indiqué dans le tableau ci-dessous. L'organisation n'a que 6 ressources disponibles avec eux.

Tâche	Antériorités	Durée	Nombre de ressources utilisées
A	Rien	3	6
B	A	2	1
C	B	5	5
D	B	4	2
E	C	9	4
F	CD	2	4
G	EF	1	6

Optimisation des ressources

La première étape consiste à tracer le schéma du réseau PERT et à déterminer le chemin critique.



Le chemin critique est ABCEG et la durée totale du projet est de 20 jours.

Optimisation des ressources

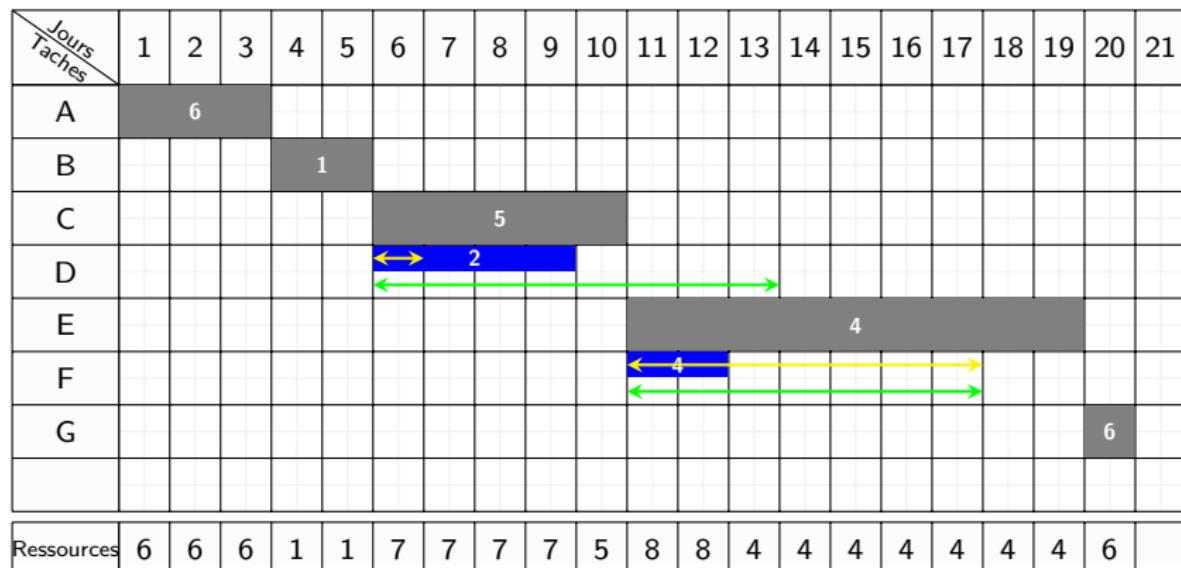


FIGURE – Le diagramme GANTT avant l'optimisation des ressources.

Optimisation des ressources

En traçant les ressources nécessaires sous forme d'histogramme et une ligne pour montrer la limite des ressources. Le conflit de ressources se produit clairement aux jours 6, 7, 8, 9, 11 et 12.

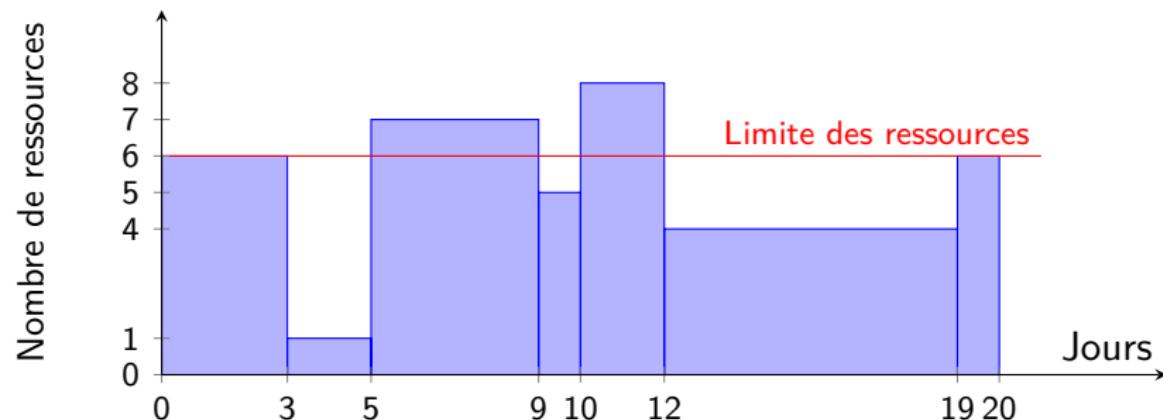


FIGURE – L'histogramme des ressources nécessaires avant l'optimisation.

Optimisation des ressources

Nivellement des ressources

- Le niveling des ressources vise à supprimer tous les conflits de ressources sans trop se soucier de l'allongement de la durée du projet.
- Le premier conflit se produit entre les tâches C et D. Pour éviter ce conflit, nous devons retarder la tâche C ou D. Puisque la tâche C est sur le chemin critique, il est prudent de retarder D jusqu'à ce que C se termine. Cela signifie que la tâche D doit être décalée pour démarrer le jour 11. Comme il y a une marge dans la tâche D, tout va bien.
- Mais, lorsque nous déplaçons une tâche, nous devons voir comment cela affecte les autres tâches qui lui succèdent. Dans ce cas, étant donné que F dépend de l'achèvement de D, elle doit être décalé.
- Maintenant, il y a un conflit aux jours 15 et 16 ; la tâche E a besoin de 4 ressources et la tâche F a également besoin de 4 ressources.
- Ainsi, nous devons retarder la tâche E ou F pour éviter ce conflit. nous retardons F jusqu'à la fin de E. Cela signifie que la tâche F ne peut commencer qu'au jour 20. Cependant, cela conduit également au déplacement de G puisque F est son prédecesseur.

Optimisation des ressources

Nivellement des ressources

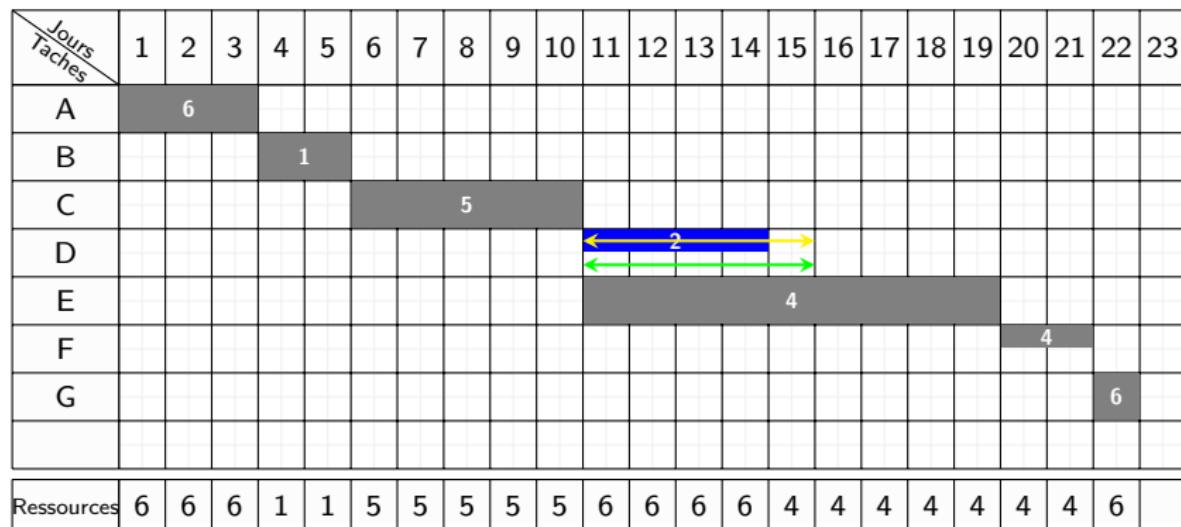


FIGURE – Le diagramme GANTT après nivellation des ressources.

Optimisation des ressources

Nivellement des ressources

C'est bien. Tous les conflits de ressources sont supprimés. Mais le projet est retardé de 2 jours. La durée totale du projet est maintenant de 22 jours. Le chemin critique a également changé. Donc, le nouveau chemin critique est ABCEFG.

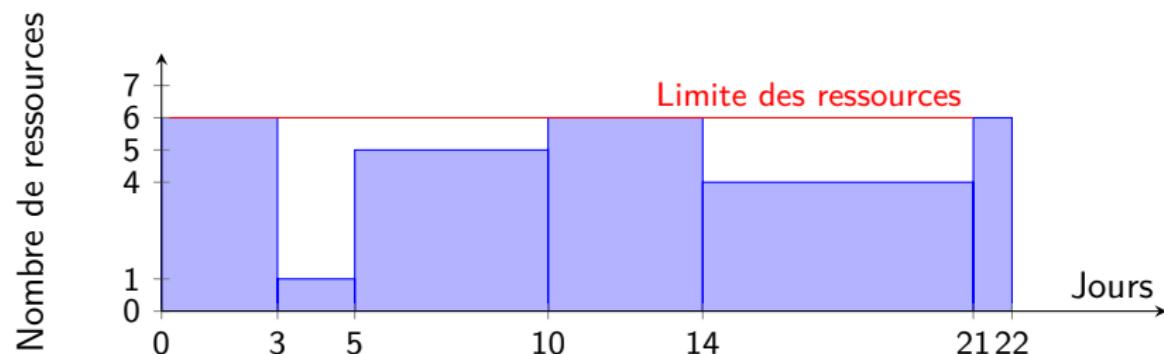


FIGURE – L'histogramme des ressources nécessaires après nivellation.

Optimisation des ressources

Lissage des ressources

- Le lissage des ressources cherche à éliminer autant de conflits de ressources que possible sans retarder la durée totale du projet.
- Commençons à nouveau par ajuster le calendrier d'origine pour éviter les pics de ressources.
- La tâche D est décalée du jour 6 au jour 11. Cela supprime les pics de ressources du jour 6 au jour 9. Cependant, il existe toujours des conflits de ressources au jour 15 et au jour 16. Ce conflit ne peut pas être supprimé sans retarder la durée totale du projet. Ainsi, le lissage des ressources s'arrêtera ici.

Optimisation des ressources

Lissage des ressources

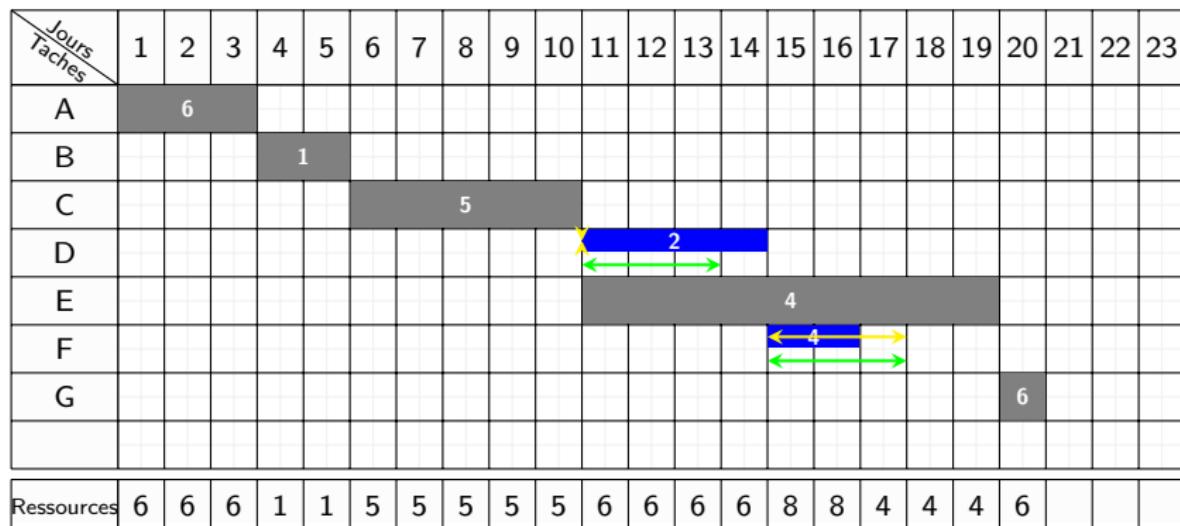


FIGURE – Le diagramme GANTT après lissage des ressources.

Optimisation des ressources

Nivellement des ressources

Sur les 6 jours de conflit, le lissage des ressources a réussi à supprimer 4 jours de conflit. Cependant, si l'organisation souhaite s'en tenir au calendrier d'origine, elle doit apporter des ressources supplémentaires les jours 15 et 16.

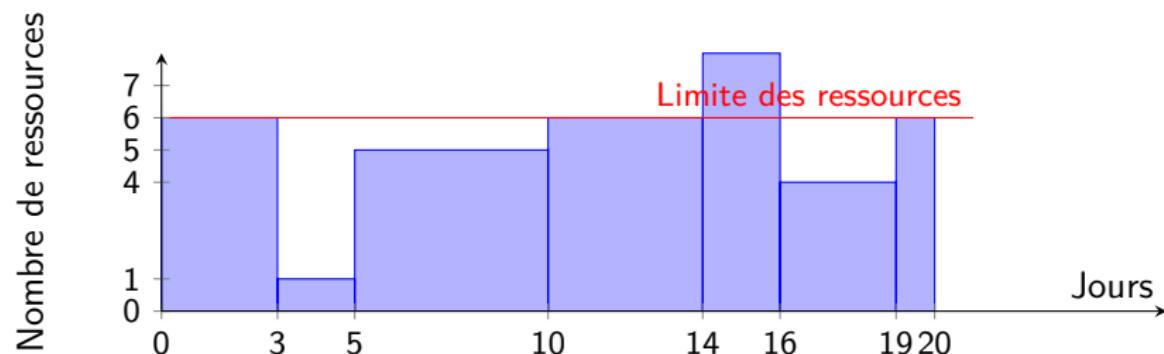


FIGURE – L'histogramme des ressources nécessaires après lissage.

Optimisation des ressources

1 Exemple 2 :

Prenons l'exemple représenté par le tableau suivant et supposons que le nombre des ressources soit limité à 10.

Code	Tâche	Durée	Tâches antérieures	Ressources
A	Définition du budget	4	Rien	5
B	Selection thème,date, lieu	3	A	5
C	Embauche traiteur	3	B	2
D	Annonce interne	3	B	4
E	Annonce de presse	4	D	6
F	Selection menu	2	C	7
G	Location des équipements	4	CE	3
H	Embauche personnel	4	G	4
I	Préparatifs	5	G	4
J	Evènement	1	IHF	10

Optimisation des ressources

- On commence par la construction de réseau PERT, puis le calcul des dates au plus tôt, des dates au plus tard, des marges libres et des marges totales. Ensuite la construction de diagramme GANTT et on termine par un lissage/nivellement à la limite 10.

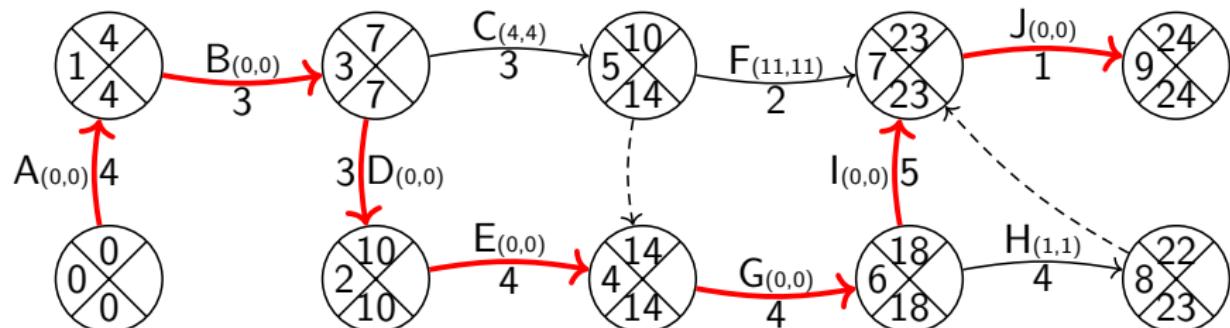


FIGURE – Le réseau PERT.

Optimisation des ressources

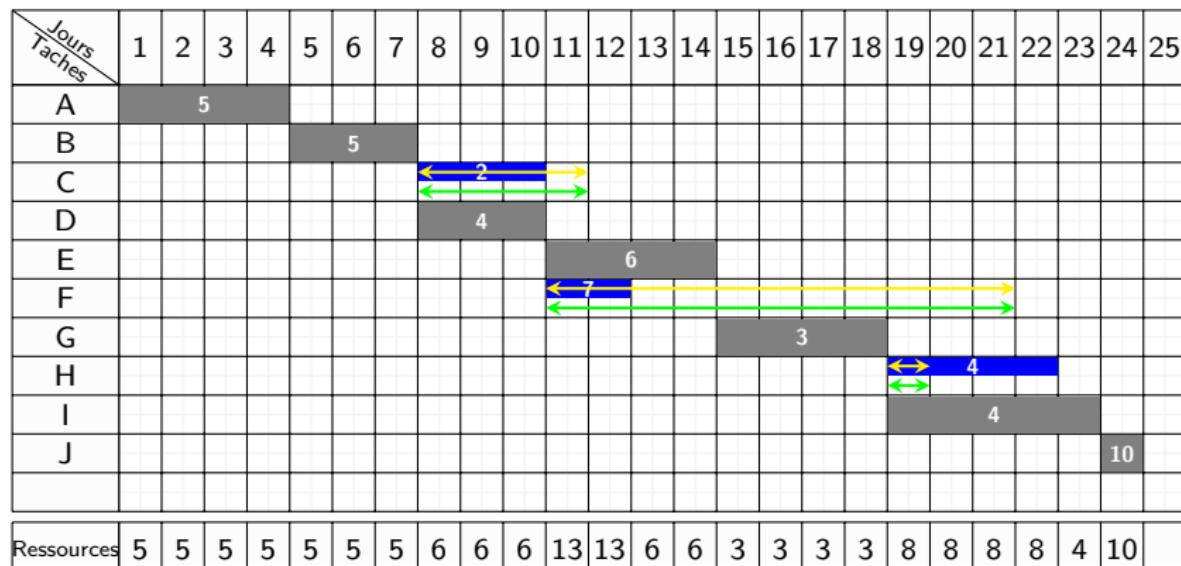


FIGURE – Le diagramme GANTT avant l'optimisation des ressources.

Optimisation des ressources

Nivellement des ressources

L'histogramme des ressources nécessaires avant l'optimisation est le suivant :

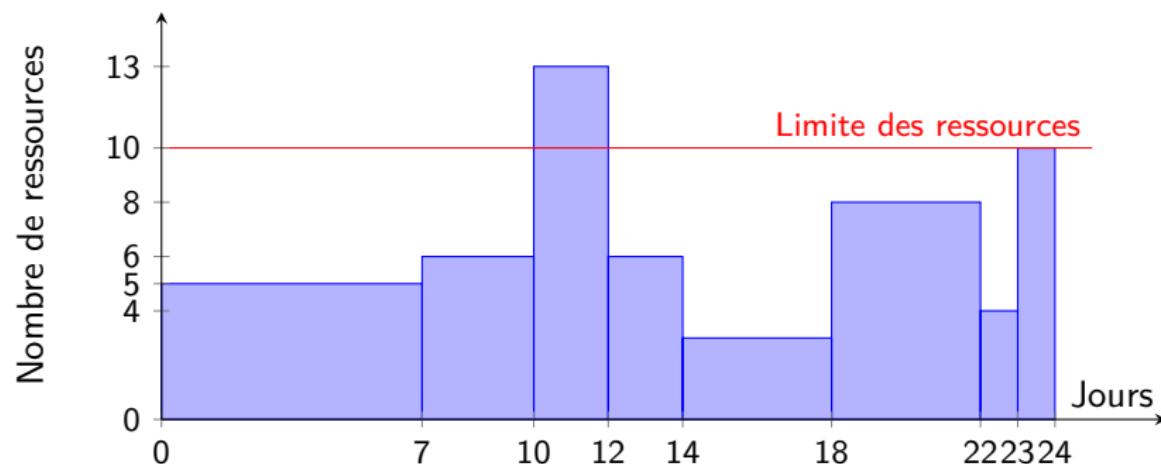


FIGURE – L'histogramme des ressources nécessaires avant optimisation.

Optimisation des ressources

- En réalisant la somme des besoins en personnel sur le diagramme de GANTT, on s'aperçoit qu'il existe une période entre le 11^{me} et le 12^{me} jour où deux tâches (E,F) se déroulent simultanément et nécessitent plus de dix personnes.
- Pour éviter de dépasser la ressource maximum autorisée nous allons effectuer un retardement. Les deux tâches impliquées sont E et F avec E étant une tâche du chemin critique c-à-d n'ayant pas de marge. Nous pouvons donc décaler la tâche F.
- En décalant la tâche F de 4 journées (E et F ne sont plus simultanées) on ne dépasse plus la limite autorisée des ressources et on ne décale pas non plus la fin du projet, mais bien sûr on diminue la marge totale et libre de F.

Optimisation des ressources

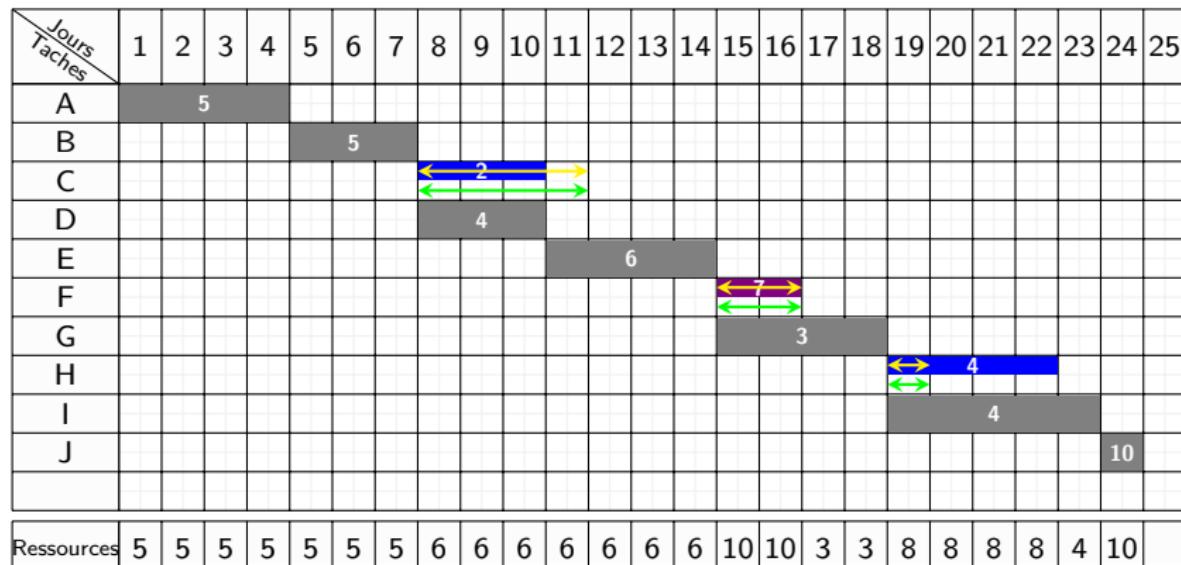


FIGURE – Le diagramme GANTT après optimisation des ressources.

Optimisation des ressources

Nivellement des ressources

Dans cet exemple le résultat d'optimisation par nivellement des ressources est identique à celle obtenue par lissage des ressources.

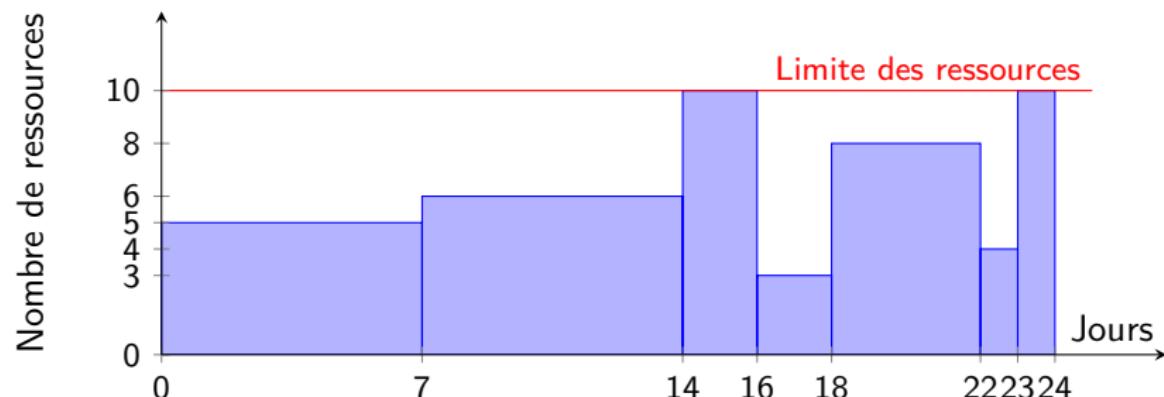


FIGURE – L'histogramme des ressources nécessaires après optimisation.

Optimisation des ressources

Exercice :

L'entreprise Ordoméca met à l'étude le lancement d'une nouvelle gamme de produits. Ce lancement nécessite la réalisation de tâches repérées par les lettres A à I et dont les caractéristiques sont les suivantes :

Tâche	Durée	Tâches antérieures	Ressources
A	5	D	2
B	2	GH	3
C	5	B	3
D	4	Rien	3
E	2	GH	3
F	4	EI	3
G	3	Rien	3
H	2	D	3
I	6	A	3

Optimisation des ressources

Questions :

- 1 Réalisez le PERT potentiel tâches en calculant les dates au plus tard, au plus tôt, les marges libres et totales et en déterminant le chemin critique.
- 2 Réalisez le diagramme de GANTT au plus tôt relatif au PERT potentiel tâches.
- 3 Effectuez un lissage sachant qu'on ne peut utiliser au maximum que 6 ressources mais que les ressources sont polyvalentes et peuvent être affectées à n importe quelle tâche.

Optimisation des ressources

- On commence par la construction de réseau PERT, puis le calcul des dates au plus tôt, des dates au plus tard, des marges libres et des marges totales. Ensuite la construction de diagramme GANTT et on termine par un lissage à la limite 6.

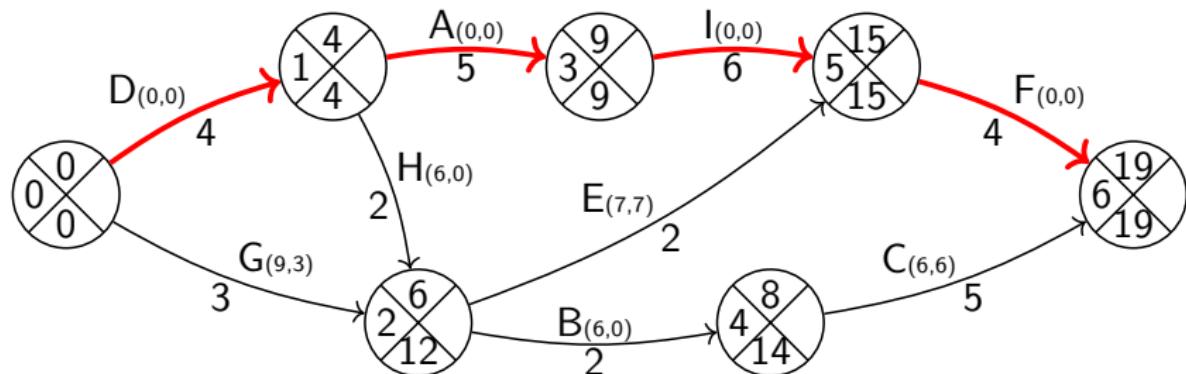


FIGURE – Le réseau PERT.

Optimisation des ressources

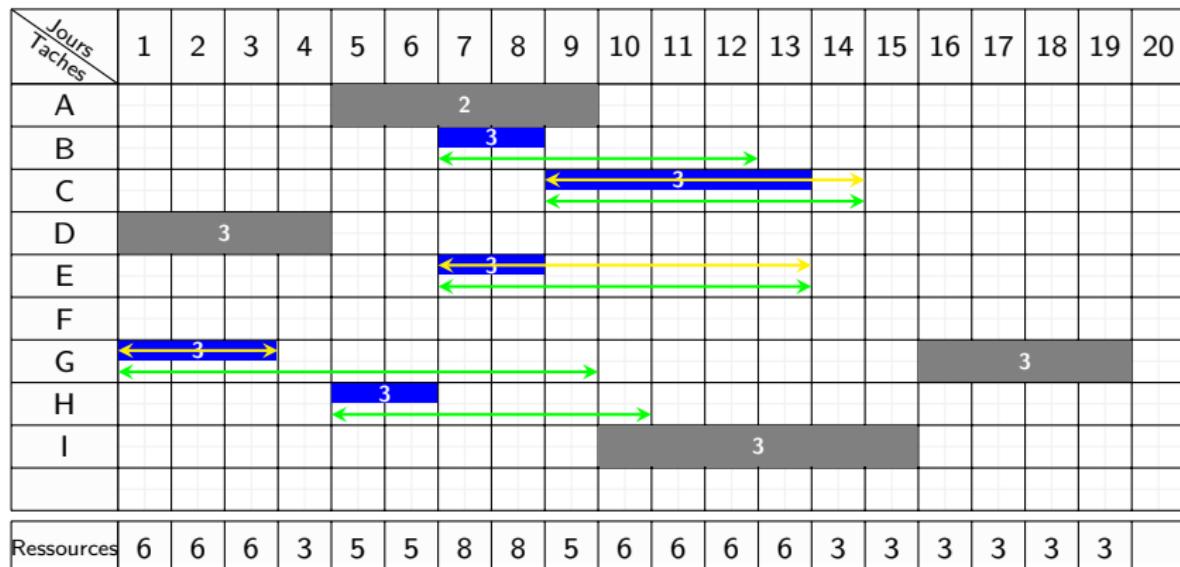


FIGURE – Le diagramme GANTT avant lissage.

Optimisation des ressources

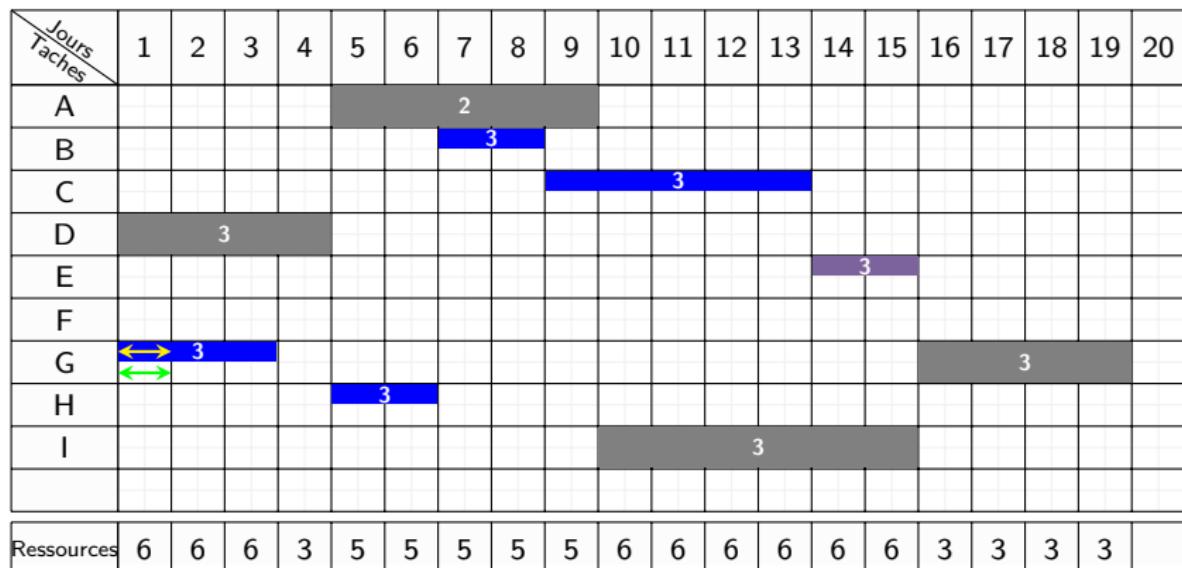


FIGURE – Le diagramme GANTT après lissage.

Optimisation des ressources

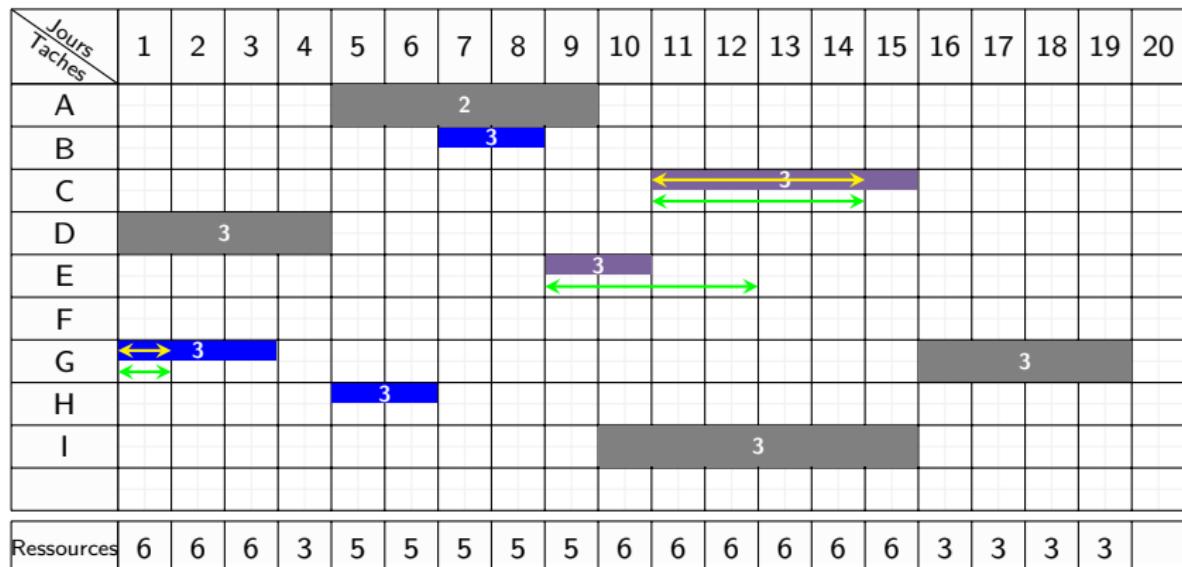


FIGURE – Le diagramme GANTT après lissage.