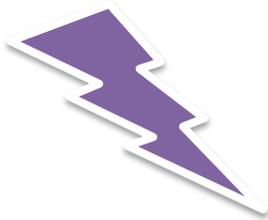


Chapitre III

Ordonnancement et planification des tâches de production

« Ce chapitre présente les différentes étapes de la résolution de problème d'ordonnancement et planification des tâches de la production dans la société. »



- I- Ordonnancement et planification des tâches
- II- Construction d'un réseau PERT

Introduction

Dans ce chapitre nous allons voir les différentes étapes de la résolution de problème d'ordonnancement des tâches de la production dans la société et qui sont les suivant :

Définir les tâches de passage de produit.

Détermination des durées de chaque tâche.

Ordonnancement et la planification des tâches sa dépend de la priorité.

Résoudre par le model PERT.

L'utilisation des algorithmes de la recherche opérationnelle.

L'utilisation de logiciel pour la construction des graphes et réseaux : Smart Draw.

I. Ordonnancement et planification des tâches

1. Organigramme de production

La description de procédure de la production pour un faisceau électrique (Famille ENGINE_1.8) dans la société est représenté par l'organigramme suivant :

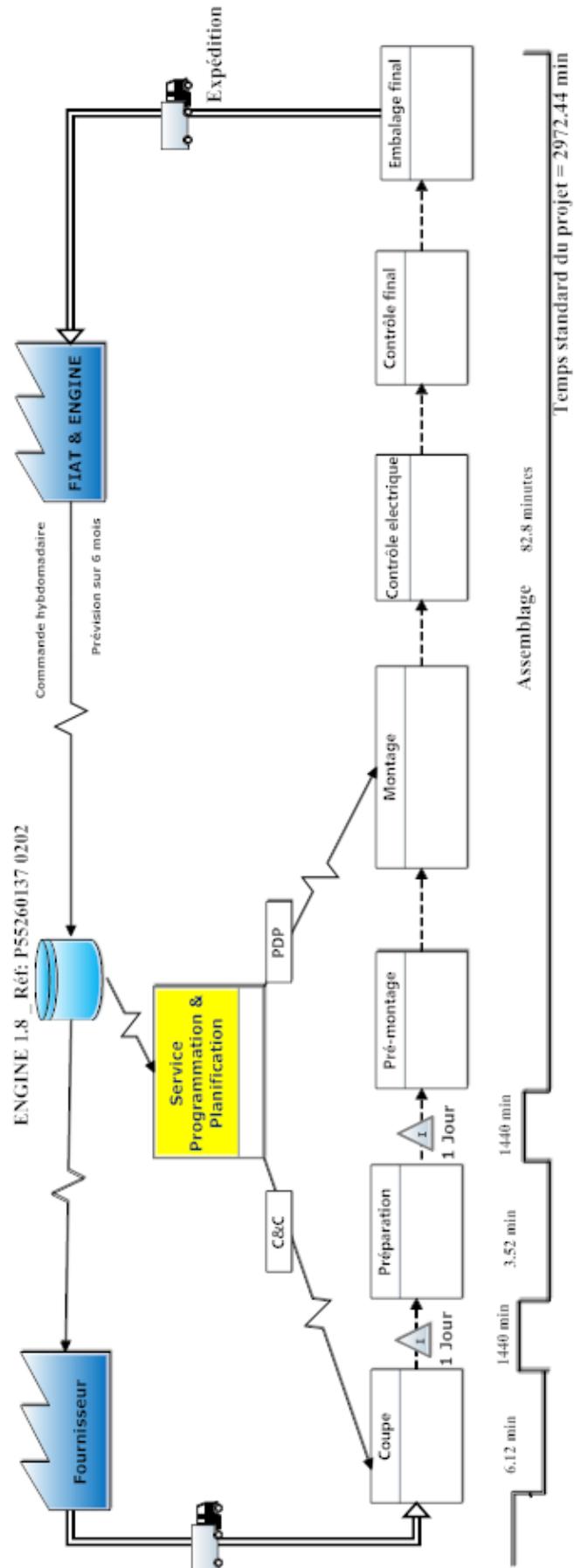


Figure 7 : Organigramme des principales tâches de production

2. Échéancier des tâches

La fabrication d'un faisceau électrique se réalise en plusieurs étapes de production, chaque étape est indépendante mais elle peut nécessiter que d'autres étapes soient préalablement réalisées avant de commencer sa réalisation, ce qui s'exprime dans le tableau ci-dessous par les contraintes d'antériorités. Le programme complet de la matricule P55260137_0202_ENGINE 1.8 d'un faisceau électrique est présenté dans le tableau suivant, appelé **échéancier**, il fait apparaître : les tâches de production, leurs codes, leurs durées de réalisation en seconde ainsi que les relations de précédences (ou d'antériorité) entre les différentes tâches.

Tâches	Code Tâches	Durée (en second)	Antériorité
Coupe des fils non finis	A	148	--
Coupe des fils finis	B	186	--
Coupe des fils twisté (tordus)	C	120	--
Magasin des fils non finis	D	86400	A
Magasin des fils finis	E	172800	B
Magasin des fils twisté	F	86400	C
Twistage	G	140	D, F
Lovage	H	24	D, G
Manchonnage	I	20	D
Shunk	J	103	D, G, H, I
Stock Twistage	K	86400	G
Stock de Préparation	L	86400	J
Pré montage	M	1806	E, F, K, L
Montage	N	2700	M
Déclaration Initial	O	15	N
Contrôle Electrique	P	337	O
Contrôle Final	Q	230	P
Emballage Final	R	6	Q
	Tâches de la Coupe.		
	Tâches du Stock.		
	Tâches de la Préparation.		
	Tâches d'Assemblage.		

Tableau 2 : Échéancier des différentes tâches de production.

3. Niveaux des tâches

3.1. Définition

Un niveau désigne le commencement ou bien le départ d'une ou plusieurs tâches, il est distingué à l'aide d'une matrice, appelé matrice d'antériorité.

3.2. Exemple d'application

D'après l'échéancier au-dessus (Tableau 1), on détermine les niveaux des tâches selon les étapes suivantes :

Soit la matrice représentant la priorité entre les tâches de production. Cette matrice est défini par :

- Si il existe une antériorité, on tape 1 dans l'intersection de la ligne de la tâche avec la colonne de la tâche antérieure
- Sinon on tape 0.

Antériorité Tâches	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
I	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
J	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
M	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
P	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Q	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
R	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0

Algorithme de détermination des niveaux des tâches

- Cherchons les lignes des tâches qui contiennent seulement des 0.

Donc dans la 1^{ère} itération, les tâches de niveau 0 sont : **A, B et C**

- On barre les lignes et les colonnes des tâches A, B et C.

Antériorité Tâches	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
A	0																	
B	0																	
C	0																	
D	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
I	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
J	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
M	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
P	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Q	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
R	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0

- Cherchons encore dans la nouvelle matrice les lignes des tâches qui contiennent seulement des 0.

2^{ème} itération : les tâches de niveau 1 sont **D, E et F**.

- On barre les lignes et les colonnes des tâches D, E et F.

3^{ème} itération : les tâches de niveau 2 sont **G et I**

- On barre les lignes et les colonnes des tâches G et I.

Antériorité Tâches	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
I	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
J	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
M	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
P	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Q	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
R	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0

- Cherchons dans la matrice les nouvelles lignes des tâches qui contiennent seulement des 0.

On trouve la ligne de la tâche H et K qui construis seulement avec des 0.

Alors la 4^{ème} itération : c'est des tâches H et K de niveau 3.

Et ainsi de suite jusqu'à la suppression de tous les lignes et les colonnes de la matrice.

On détecte 11 niveaux des tâches, l'ordonnancement par niveaux donne le tableau suivant :

Niveau	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Tâches	A,B,C	D,E,F	G,I	H,K	J	L	M	N	O	P	Q	R

Tableau 3 : les tâches de chaque niveau de réseau PERT.

4. Les tâches commençantes, convergentes et finissantes

4.1. Les tâches commençantes

Ce sont les tâches sans tâche antérieure, elles partent d'entrée du graphe (sommet 1), dans notre exemple les tâches commençantes sont : **A, B et C**

4.2. Les tâches convergentes

Ce sont les tâches que l'on rencontre toujours ensemble c'est à dire jamais l'une sans l'autre, ces tâches auront le même sommet terminal dans le graphe. Dans notre exemple elles sont : **H et I ; E K et L**

4.3. Les tâches finissantes

Les tâches qui ne sont pas antérieures à d'autres tâches, elles arrivent à la sortie du graphe (sommet terminal). Dans notre exemple c'est la tâche **R**.

5. Modélisation en graphe

A partir des données précédent du projet ; on construit un graphe valué $G = (X, U)$ (un graphe où chaque arc de U est associée une valeur réelle de la durée d'une tâche) défini par :

- A chaque tâche x on associe un sommet $i \in X$ de départ et un sommet $j \in X$ de fin tel que $i < j$.
- On définira un arc (i, j) de longueur $d_{i,j}$ pour chaque tâche x avec $d_{i,j}$ la durée d'exécution de la tâche.

Pour compléter le graphe parfois on utilise des tâches fictives (une tâche fictive est une tâche de durée nulle). En effet la finalisation de la tâche D est nécessaire pour commencer les tâches G et H, donc il est nécessaire d'ajouter une tâche fictive dans l'arc (5,6). On trace les tâches par ordre de niveau croissant, ce graphe sera un graphe valué dont les arcs seront les tâches, les valeurs des arcs représentent les durées des tâches et les sommets représentent les états d'avancement du projet, numérotés de 1 à n.

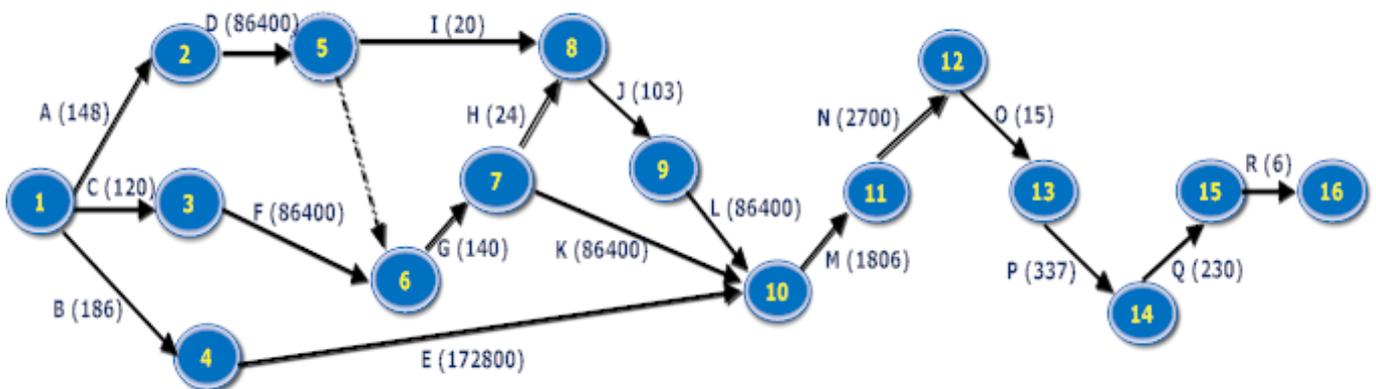


Figure 8 : Graphe $G=(X,U)$ de tableau d'échéancier des antériorité des tâches.

Remarque :

- Le graphe reflète les précédences requises dans l'exécution des différentes tâches du projet. Ce graphe orienté est **sans cycle** (sans circuit) du fait que l'existence d'un circuit impliquerait une contradiction dans les précédences; une tâche devant en même temps précéder et succéder à une autre.

- Pour tous les arcs (i, j) du graphe sans circuit G , on a $i < j$ donc l'ordre des sommets du graphe est dit **ordre topologique**.

6. Les dates, les marges et les tâches et chemins critiques

6.1. Calcul de l'ordonnancement au plus tôt

Pour un sommet j , la date de début au plus tôt représente concrètement le temps minimum nécessaire pour atteindre ce sommet. Elle se déterminera à partir de l'entrée du graphe par ordre de sommet croissant (ordre topologique), à l'aide de l'algorithme de FORD dans le cas d'un graphe sans cycle, qui permet de chercher de la longueur du plus long chemin du sommet 1 à j :

$$t_j = \text{Max} (t_i + d_{i,j}) \text{ tel que } : i \in U_j$$

Tel que :

- t_j = la date au plus tôt de début des tâches qui commence du sommet j .
- d_{ij} = la durée de la tâche ij (i.e. la tâche qui contient entre les sommets i et j).
- t_{Fin} = la durée minimale du projet.

Principe de l'algorithme : Recherche des dates au plus tôt des tâches dans le problème d'ordonnancement représente le graphe G orienté, valué et sans cycle.

De sommet en sommet, on retient l'arc de plus grand valuation. On associe à chaque sommet j une date au plus tôt t_j :

- a) Prendre $t_{\text{début}} = 0$
- b) Parcourir les sommets de G suivant un ordre topologique. Pour chaque sommet j visité faire : $t_j = \text{Max} (t_i + d_{i,j})$ tel que : $i \in U_j$ (les i sont les précédents de j).

t_n on représente alors la valeur maximale du chemin (plus long chemin) du sommet initial 1 jusqu'à le sommet final n .

Fin.

On a 16 sommets dans notre graphe $G=(X, U)$, donc les dates de début au plus tôt des sommets $j=\{1,2,3,\dots,16\}$ devient :

Pour $j = 1$: $t_1 = t_{\text{début}} = 0$

- Les sommets 2, 3, 4, 5, 7 et 9 ont un seul précédent respectivement 1, 1, 1, 2, 6 et 8 donc :

Pour $j = 2$: $t_2 = \text{Max} (t_1 + d_{1,2}) = 148$

Pour $j = 3$: $t_3 = \text{Max} (t_1 + d_{1,3}) = 120$

Pour $j = 4$: $t_4 = \text{Max} (t_1 + d_{1,4}) = 186$

Pour $j = 5$: $t_5 = \text{Max} (t_2 + d_{2,5}) = 148 + 86400 = 86548$

- Le sommet 6 a deux précédents 3 et 5 donc :

Pour $j = 6$: $t_6 = \text{Max} [(t_3 + d_{3,6}), (t_5 + d_{5,6})]$

$$t_6 = \text{Max} [(120 + 86400), (86548 + 0)] = 86548$$

$$\text{Pour } j = 7 : t_7 = \text{Max} (t_6 + d_{6,7}) = 86548 + 140 = 86688$$

- Le sommet 8 a deux précédents 5 et 7 donc :

$$\begin{aligned} \text{Pour } j = 8 : t_8 &= \text{Max} [(t_5 + d_{5,8}), (t_7 + d_{7,8})] \\ &= \text{Max} [(86548 + 20), (86688 + 24)] = 86712 \end{aligned}$$

$$\text{Pour } j = 9 : t_9 = \text{Max} (t_8 + d_{8,9}) = 86712 + 103 = 86815$$

- Le sommet 10 a trois précédents 4, 7 et 9 donc :

$$\begin{aligned} \text{Pour } j = 10 : t_{10} &= \text{Max} [(t_4 + d_{4,10}), (t_7 + d_{7,10}), (t_9 + d_{9,10})] \\ &= \text{Max} [(186 + 172800), (86688 + 86400), (86815 + 86400)] \\ &= 173215 \end{aligned}$$

- Les sommets 11, 12, 13, 14, 15 et 16 ont un seul précédent respectivement 10, 11, 12, 13, 14 et 15 donc :

$$\text{Pour } j = 11 : t_{11} = \text{Max} (t_{10} + d_{10,11}) = 173215 + 1806 = 175021$$

$$\text{Pour } j = 12 : t_{12} = \text{Max} (t_{11} + d_{11,12}) = 175021 + 2700 = 177721$$

$$\text{Pour } j = 13 : t_{13} = \text{Max} (t_{12} + d_{12,13}) = 177721 + 15 = 177736$$

$$\text{Pour } j = 14 : t_{14} = \text{Max} (t_{13} + d_{13,14}) = 177736 + 337 = 178073$$

$$\text{Pour } j = 15 : t_{15} = \text{Max} (t_{14} + d_{14,15}) = 178073 + 230 = 178303$$

$$\text{Pour } j = 16 : t_{16} = \text{Max} (t_{15} + d_{15,16}) = 178303 + 6 = 178309$$

La durée minimale réalisable pour l'ensemble du projet c'est la date au plus tôt du sommet 16 (sortie du graphe).

Donc : $t_{\text{Fin}} = t_{16} = 178309$ second $\approx 49,53$ heure

Le produit doit prendre 49,53 heures comme temps standard pour finalisé toute les tâches.

6.2. Calcul de l'ordonnancement au plus tard

Le calendrier précédent conduit à une durée minimale de 178309 second.

Il s'agit maintenant de déterminer la date à laquelle chacune des tâches doit impérativement avoir commencé si on veut que la durée totale du projet t_{Fin} soit respectée.

Pour un sommet i , la date de début au plus tard représente la date à laquelle cet état doit obligatoirement être atteint, si l'on ne veut pas augmenter la durée totale du projet. Elle se déterminera par ordre de sommet décroissant, depuis la sortie du graphe.

Si on fixe la valeur de t_{Fin} de la longueur de plus long chemin.

Soit :

- T_i = la date au plus tard des tâches qui commencent du sommet j .

- d_{ij} = la durée de la tâche ij (i.e. la tâche qui contient entre les sommets i et j).

Par analogie avec l'algorithme de FORD pour le calcul de la longueur des plus courts chemins, le calcul de la longueur d'un plus long chemin pour le cas d'un graphe valué sans cycle repose sur le résultat :

$\lambda(i) = \text{Max} [l(i, j) + \lambda(j)]$, le max étant pris sur les successeurs de i et $\lambda(j)$ étant égal à la longueur d'un plus long chemin de j à n ,

On a donc:

$$T_i = T_n - \lambda(i) = T_n - \text{Max} [l(i, j) + \lambda(j)] \\ = \min [T_n - l(i, j) - \lambda(j)] \text{ tel que : } i < j.$$

D'où le résultat :

$$T_i = \min [T_j - l(i, j)] \text{ tel que : } i < j.$$

Cette formule permet de calculer directement les dates de début au plus tard de chaque tâche.

On pose: $l(i, j) = d_{i,j}$

Donc on applique un l'algorithme très simple qui permet de déterminer les dates au plus tard du chaque sommet avec la formule précédent :

Algorithme : Si on fixe la date t_{Fin} (la durée de projet), l'ordonnancement au plus tard T_i de chaque tâche i du graphe G sans cycle est donné par l'algorithme suivant :

- Prendre $T_n = t_{\text{Fin}}$
 - Prendre les sommets par rang décroissant et faire $T_i = \min (T_j - d_{i,j})$ tel que: $j \in U^+_i$
- Fin.

On a $i = \{1, 2, 3, \dots, 16\}$, l'ordonnancement au plus tard pour chaque sommet du graphe G devient :

Pour $j = 16$: $T_{16} = t_{\text{Fin}} = 178309$

Pour $j = 15$: $T_{15} = \min (T_{16} - d_{15,16}) = 178309 - 6 = 178303$

Pour $j = 14$: $T_{14} = \min (T_{15} - d_{14,15}) = 178303 - 230 = 178073$

Pour $j = 13$: $T_{13} = \min (T_{14} - d_{13,14}) = 178073 - 337 = 177736$

Pour $j = 12$: $T_{12} = \min (T_{13} - d_{12,13}) = 177736 - 15 = 177721$

Pour $j = 11$: $T_{11} = \min (T_{12} - d_{11,12}) = 177721 - 2700 = 175021$

Pour $j = 10$: $T_{10} = \min (T_{11} - d_{10,11}) = 175021 - 1806 = 173215$

Pour $j = 9$: $T_9 = \min (T_{10} - d_{9,10}) = 173215 - 86400 = 86815$

Pour $j = 8$: $T_8 = \min (T_9 - d_{8,9}) = 86815 - 103 = 86712$

Pour $j = 7$: $T_7 = \min [(T_{10} - d_{7,10}) , (T_8 - d_{7,8})]$

$$T_7 = \min [(173215 - 86400), (86712 - 24)] = 86688$$

$$\text{Pour } j = 6 : T_6 = \min (T_7 - d_{6,7}) = 86688 - 140 = 86548$$

$$\begin{aligned} \text{Pour } j = 5 : T_5 &= \min [(T_8 - d_{5,8}), (t_6 - d_{5,6})] \\ &= \min [(86712 - 20), (86548 - 0)] = 86548 \end{aligned}$$

$$\text{Pour } j = 4 : T_4 = \min (T_{10} - d_{4,10}) = 173215 - 172800 = 415$$

$$\text{Pour } j = 3 : T_3 = \min (T_6 - d_{3,6}) = 86548 - 86400 = 148$$

$$\text{Pour } j = 2 : T_2 = \min (T_5 - d_{2,5}) = 86548 - 86400 = 148$$

$$\text{Pour } j = 1 : T_1 = 0$$

Le tableau suivant montre le calendrier d'ordonnancement au plus tôt et au plus tard des tâches :

Tâches	Code Tâches	Durée (Second)	Date de début au plus tôt	Date de début au plus tard
Coupe des fils non finis	A	148	0	148
Coupe des fils finis	B	186	0	415
Coupe des fils twisté	C	120	0	148
Magasin des fils non finis	D	86400	148	86548
Magasin des fils finis	E	172800	186	173215
Magasin des fils twisté	F	86400	120	86548
Twistage	G	140	86548	86688
Lovage	H	24	86688	86712
Manchonnage	I	20	86548	86712
Shunk	J	103	86712	86815
Stock Twistage	K	86400	86688	173215
Stock de Préparation	L	86400	86815	173215
Pré montage	M	1806	173215	175021
Montage	N	2700	175021	177721
Déclaration Initial	O	15	177721	177736
Contrôle Electrique	P	337	177736	178073
Contrôle Final	Q	230	178073	178303
Emballage Final	R	6	178303	178309

Tableau 4 : Calendrier d'ordonnancement au plus tôt et au plus tard des tâches.

6.3. Calcul des marges des tâches

On pose ij la tâche allant du sommet i au sommet j , donc la marge libre et la marge totale d'une tâche ij sont calculer respectivement :

$$ML_{ij} = t_j - t_i - d_{ij}$$

$$MT_{ij} = T_j - t_i - d_{ij}$$

Le tableau suivant donne les marges libres et les marges totales pour toutes les tâches de production :

Tâche	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
ML	0	0	0	0	229	28	0	0	144	0	127	0	0	0	0	0	0	0
MT	0	229	28	0	229	28	0	0	144	0	127	0	0	0	0	0	0	0

Tableau 5 : les marges libres et les marges totales des tâches du réseau.

6.4. Détermination des tâches critiques et chemins critiques

Les tâches critiques sont donc les tâches de marge totale nulle, pour notre problème d'ordonnancement les tâches critiques sont : **A, D, G, H, J, L, M, N, O, P, Q et R.**

Le plus long chemin du sommet 1 au sommet n c'est le chemin critique qui englobe les tâches critiques, pour le graphe valué sans cycle $G=(X,U)$, le chemin critique est le chemin qui passe respectivement par les sommets : **1-2-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14-15-16.**

Le tableau au-dessous donne les tâches critiques et leurs arcs qui présentent le chemin critique (les lignes colorées en rouge), ainsi que les tâches qui peuvent prendre un retard limité (les lignes colorées en bleu).

Tâches	Code Tâches	Durée (en second)	Arc	Marge totale
Coupe des fils non finis	A	148	(1,2)	0
Coupe des fils finis	B	186	(1,4)	229
Coupe des fils twisté	C	120	(1,3)	28
Magasin des fils non finis	D	86400	(2,5)	0
Magasin des fils finis	E	172800	(4,10)	229
Magasin des fils twisté	F	86400	(3,6)	28
Twistage	G	140	(6,7)	0
Lovage	H	24	(7,8)	0
Manchonnage	I	20	(5,8)	144
Shunk	J	103	(8,9)	0
Stock Twistage	K	86400	(7,10)	127
Stock de Préparation	L	86400	(9,10)	0
Pré montage	M	1806	(10,11)	0
Montage	N	2700	(11,12)	0
Déclaration Initial	O	15	(12,13)	0
Contrôle Electrique	P	337	(13,14)	0
Contrôle Final	Q	230	(14,15)	0
Emballage Final	R	6	(15,16)	0

Tableau 6 : Les tâches critiques du réseau avec ses arcs du chemin critique.

II. Construction d'un réseau PERT

1. Les étapes de construction du réseau

L'organigramme suivant présente les différentes étapes de construction du réseau PERT :

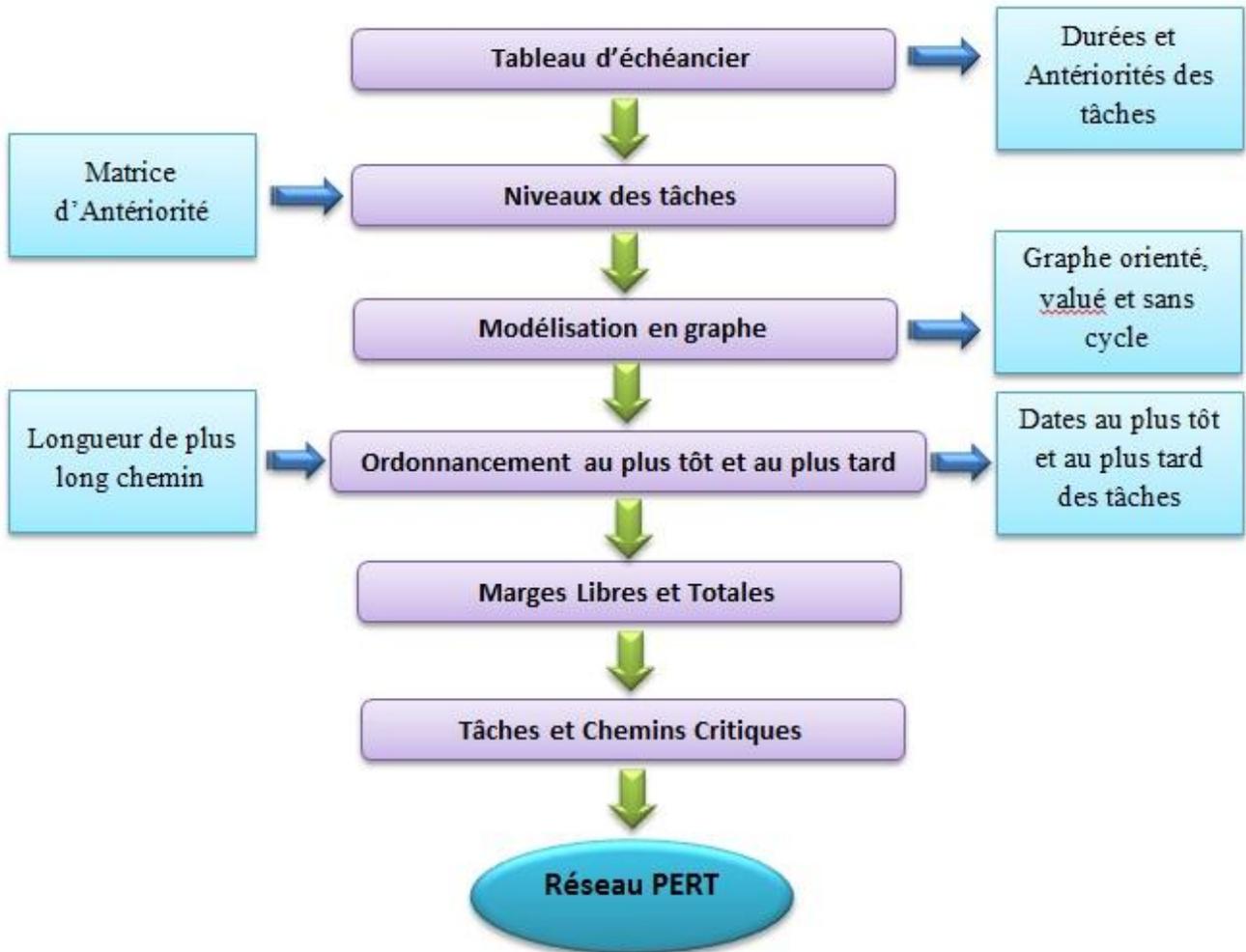


Figure 9 : Organigramme des différentes étapes de construction du réseau PERT

2. Réseau PERT

Le tracé du réseau PERT se fera donc en introduisant les tâches par ordre de niveau croissant et en respectant les contraintes d'antériorités, à l'aide de la figure 8 qui présente le graphe orienté, valué et sans cycle $G=(X,U)$, et les étapes d'ordonnancement et planification des tâches de production on construit le réseau PERT suivant :

- Les arcs en gras expriment le chemin critique.
- Les tâches en rouge sont des tâches critiques.
- Les rectangles en jaune et en bleu expriment respectivement les dates au plus tôt et les dates au plus tard des tâches de production.
- Les carrés en orange expriment les niveaux de départ des tâches.

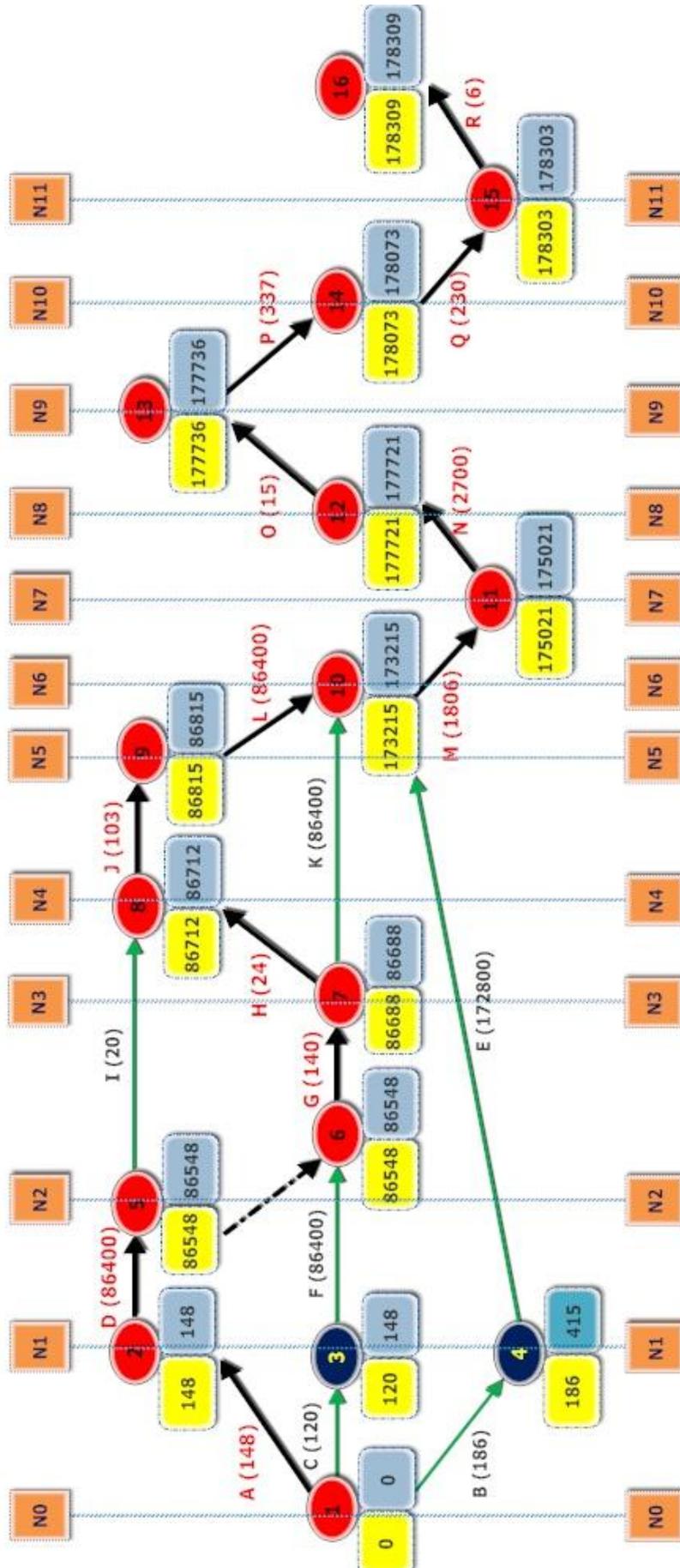


Figure 10 : Le réseau PERT de problème d'ordonnancement et de planification des tâches.

Remarques

- ✚ Les tâches « **D : Magasin des fils non finis ; E : Magasin des fils finis ; F : Magasin des fils twisté ; K : Stock Twistage ; L : Stock de Préparation** » sont des tâches de stock qui ne sont pas nécessaires à réaliser, donc on peut garder leur temps pour la réalisation d'autres tâches.
- ✚ Les tâches « **A : Coupe des fils non finis ; G : Twistage ; H : Lovage ; J : Shunk** » sont des tâches critiques qui ne doivent pas prendre de retard, donc dans la zone de coupe il faut donner la priorité des tâches selon l'ordre suivant : **A, G, H et J**
- ✚ Pour commencer la tâche « **G : Twistage** » il faut finaliser la tâche « **C : Coupe des fils twisté** »
- ✚ La tâche « **B : Coupe des fils finis** » est prioritaire à la tâche « **M : Pré montage** », cette dernière ne doit pas commencer avant que toutes les tâches qui précèdent le niveau 6 soient réalisées.
- ✚ Les tâches « **M : Pré montage ; N : Montage ; O : Déclaration Initial ; P : Contrôle Electrique ; Q : Contrôle Final ; R : Emballage Final** » sont dans un ordre linéaire, la priorité va être donnée dans le même ordre.

Conclusion

Les différentes étapes de détermination d'un planning optimal à l'aide du réseau PERT ont été présentées, ces étapes sont : la construction de l'organigramme et l'échéancier des différentes tâches de production avec leurs antériorités et leurs durées, les niveaux des tâches, la modélisation en graphe valué, l'ordonnancement (au plus tôt et au plus tard) grâce à la résolution des problèmes de plus longs chemins dans ce graphe ainsi que la détermination des marges pour chaque tâche du projet.

Ce planning pourra servir dans la gestion et le suivi de la réalisation des tâches de toute la ligne de production.