REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI DE TIZI OUZOU
FACULTE DES SCIENCES

Mémoire

En vue de l'obtention du Diplôme de Master 2 en Mathématiques
Spécialité : Mathématiques appliquées à la gestion

Thème

Ordonnancement dans une chaine de production par MS-Project

Cas : Fabrication d'un moyen de production de moule injection plastique DOMINO à l'ENIEM

Présenté par : M^{elle} SMAIL Sadia & M^{elle} SMAIL Kahina
Dirigé par: Mr OUKACHA B

Devant le jury composé :

Mr AIDENE M …… Professeur
Mr BELHADJE A …… Examinateur

Année universitaire : 2015-2016

Remerciements

En premier lieu, *nous* remercions Dieu puissant de nous avoir donné la force et la volonté pour arriver à terme de ce travail qui représente le fruit de plusieurs années d'études.

*N*ous exprimons notre plus grande reconnaissance et nos plus vifs remerciements à notre promoteur : Dr OUKACHA Brahim pour son orientation, et son dévouement total à fin de concrétiser ma recherche et achever ce modeste travail ainsi qu'à notre encadreur MANKOUR Sofiane pour leurs soutiens.

*N*ous remerciement le personnel de l'ENIEM, en particulier DIFALAH Yahia qui m'a aidée durant mon stage pratique et sans oublier DEBIANE Amiroche.

*N*ous remerciement chaleureusement nos professeurs pour la qualité de leurs enseignement.

*E*t en fin, nos salutations très distinguées pour nos membres de jury et nos remerciements pour avoir accepter de juger notre travail

*D*édicaces

*J*e dédie ce modeste travail à :

Mes très chers parents, ma mère qui m'a toujours encouragé et soutenu, ainsi que mon père pour sa patience et son sacrifice, que dieu les bénisses.

Mes très chers frères : Yacine, Ahmed et Massinissa.

Mes très chères sœurs : Kahina, Lila et Chahrazed.

MES neveux Yanis, Amir et ma nièce Dalia.

Ma belle-sœur Fatima.

Mon beau-frère Arezki.

A tous mes amis et mes proches.

A toutes la famille Zenia.

SADIA

*D*édicaces

Je dédie ce modeste travail à :

Mes très chers parents, ma mère qui m'a toujours encouragé et soutenu, ainsi que mon père pour sa patience et son sacrifice, que dieu les bénisses.

Mes très chers frères : Yacine, Ahmed et Massinissa.

Mes très chères sœurs : Sadia, Lila et Chahrazed.

MES neveux Yanis, Amir et ma nièce Dalia.

Ma belle-sœur Fatima.

Mon beau-frère Arezki.

A tous mes amis et mes proches.

A toutes la famille ZENIA.

KAHINA

Table des matières

Introduction……2

Chapitre 1 : Présentation générale de l'entreprise……..3

1-Historique et structure de l'entreprise……..3

1-1-Présentation générale de l'organismed'accueil……..3

1-1-1- Situation géographique ……3

1-1-2- Création et évolution ……..3

1-2-Développement et organisation de l'entreprise ENIEM……..4

1 2-1 Développement……4

1-2-2 l'organisation générale de l'ENIEM……..4

1-3 l'effectif de l'ENIEM……6

1-4 Activités et missions……7

1-4-1 les activités……7

1-4-2 LES MISSIONS……8

1-5-politique et les objets de l'entreprise ENIEM……9

1 5-1-politique environnementale……9

1 5-2-Politiques qualités……10

1-6 objectifs de l ENIEM 2016 ……10

2-présentation de l'unité prestation technique……11

2-1Département de fabrication mécanique outillage……11

2-1-1Les services de département fabrication mécanique outillage….11

3-Problématique ……12

Table des matières

Chapitre 2 : Notions générales sur les graphes et les problèmes D'ordonnancement……14

1- Introduction……14
2- Rappels sur graphes……..14

2-1 Le concept d'un graphe……..15

2-2 Graphe orienté et graphe non oriente……15

2-2-1 Graphe orienté……15

2-2-2 Graphe non orienté……..16

2-3- Graphe simple et graphe multiple……16

2-4-degré d'un sommet……..16

2-5- Modes de représentation d'un graphe ……16

2-5-1 Ensemble prédécesseurs et successeurs……16

2-5-2-Représentation matricielle……17

2-6-Cheminements dans un graphe ……..19

2-6-1- Chaines……19

2-6-2-Chemin……19

2- 6-3 cycles ……20

2 6-4 circuits ……20

2-7 -Etude de la connexité dans un graphe……21

2-7-1 Notion de connexité ……..21

2-7-2 Composantes connexes……..21

2-7-3 Graphe connexe……..21

2-7-4 Notion de forte connexité ……..21

2-7-5 Composantes fortement connexes ……..21

Table des matières

2-7-6 Un graphe réduit ……22

2-7-7 Graphe fortement connexe ……22

2-7-8 Mise en ordre d'un graphe connexe ……22

2-8 Arbre et arborescences ……23

2-8-1 Arbre ……23

2-8-2 Racine ……..23

2-8-3 Arborescence……23

2-9-Problème de recherche d'un arbre poids minimum……..24

2-10 Problème de recherche d'un plus court chemin……..24

2-10-1 Réseau……..24

2-10-2 Recherche d'un plus court chemin par l'algorithme de Bellman…25

2-10-3-Recherche d'un plus court chemin par l'algorithme de Dijkstra…25

3-Problèmes d'ordonnancement……26

3-1 Atelier- schéma rapide d'organisation et de fonctionnement……26

3-1-1-notion du projet……..27

3-1-2 Tâches et travail……27

3-1-3-Machines……27

3-1-4 Ressources……27

3-2 Définitions générales des problèmes d'ordonnancement……..28

3-3 Caractéristiques des machines et des tâches……29

3-3-1 Caractéristiques des machines……29

3-3-2-Caractéristiques des tâches……30

3-4-Modélisation……31

3-4-1 Variable de décision……31

Table des matières

3-4-2 Contraintes……31

3-4-3 Objectif et critères d'évolution……31

3-5-Les caractéristique générale d'ordonnancement……32

3-5-1 Ordonnancement admissibles……32

3-5-2-Ordonnancement semi- actif……33

3-5-3 Ordonnancement actifs……33

3-5-4 Ordonnancements sans retard……33

Chapitre3 : Les méthodes de résolution d'unproblème d'ordonnancement……34

1-Introduction ……34

2-Méthode du type diagramme à barre ou diagramme de GANTT……34

2-1-Définition et principe du diagramme GANTT……34

2-2-Avantage et inconvénient de GANTT……36

3-Méthodes du chemin critique……37

3-1-Historique……37

3-2-Méthode CPM (Critical path Method)……37

3-2-1-Définition et principe de la méthode de CPM……37

3-3-Ordonnancement par la méthode de PERT……38

3-3-1-Définition de la méthode de PERT……39

3-3-2-La représentation du réseau PERT……39

3-3-3-principes et méthodologie de construction d'un réseau de PERT..40

3-3-4-Le but de la méthode de PERT……49

3-4-Méthode des potentiels MPM……50

3-4-1- Définition et les principes de la méthode MPM……50

Table des matières

3-4-2-Réseau de MPM……51

3-4-3-Méthodologie de construction d'un réseau MPM: identique à celle

De réseau de PERT……51

Chapitre4 : La gestion d'un projet avec MS Project……56

1-Introduction……56

2- Représentation et les fonctionnalités du logiciel Microsoft Project……56

2-1-Le rôle du logiciel……56

2-2-Environnement générale du logiciel……57

2-3Différentes fonctionnalités de base du logiciel MS Project 2010 ……58

3-Ordonnancement des tâches de gestion de notre projet……61

3-1-Description de notre projet ……61

3-2- Les étapes de la réalisation de notre projet……63

4-Utilisation de MS Project 2010 pour l'ordonnancement des tâches de gestion de notre projet……68

4-1-La gestion des ressources……68

4-2-Diagramme de GANTT……70

4-3-Interface des tâches……71

4-4-Visualisation des tâches et chemin critique……72

4-5-Comparaison des résultats obtenue avec le rapport de production….73

4-6-Récaptitulatif du projet……74

4-7- Le calendrier du projet ……75

Conclusion générale……76

Table des matières

Introduction générale

La gestion de projet est une composante très importante de la recherche opérationnelle elle englobe des techniques et méthodes organisationnelles, des outils de planification et de suivi de projet. Le principale objectif est d'optimiser des paramètres propres au projet c'est à dire: durées, coût et qualités. La planification, représente une étape très importante lors de l'élaboration d'un projet, c'est durant cette étape que sont estimées les durées des activités ainsi que les quantités de ressources nécessaires pour le déroulement.

L'ordonnancement intervient dans la réalisation des projets, cette technique est très importante pour l'amélioration de la production dans une entreprise, où l'organisation de la production.

L'ordonnancement est un algorithme qui permet l'organisation méthodique d'un processus, ou d'une autre façon, ordonnancer c'est programmer l'exécution d'une réalisation en attribuant des ressources aux tâches et en fixant leurs dates d'exécution.

Dans la terminologie de la recherche opérationnelle, un problème d'ordonnancement désigne tout problème dans lequel l'objectif est l'allocation de ressources au cours du temps, de façon à réaliser un ensemble de tâche. Une autre définition du problème d'ordonnancement peut se formuler de façon identique, quelque soit le domaine d'application: ordonnancer un ensemble de tâches consiste à programmer leur exécution en leur allouant les ressources requises et en fixant leur date de début.

Résoudre un problème d'ordonnancement c'est d'abord donner l'ordre dans lequel doivent être exécutées les tâches, de façon à minimiser la durée d'exécution total du projet, tout en satisfaisant les conditions d'antériorité.

Suite à notre stage au sein de l'unité prestation technique de l'entreprise ENIEM après le suivi des activités de projets, notre première observation est que l'objectif n'était pas atteint par l'unité.

Dans le but de comprendre ce problème, notre projet consiste à faire un planning de multiple activité qui intervienne pour la fabrication d'un moyen de

production" moule injection plastique domino " pendant 2 mois par MS Project.

Pour mener à bien notre projet, on a élaboré notre plan suivant:

Le premier chapitre sera consacré à la présentation de l'entreprise ENIEM.

Le deuxième chapitre, traitera essentiellement aux généralités et définitions sur la théorie des graphes et le problème d'ordonnancement.

Le troisième chapitre s'intéressera aux différents types et méthodes de résolution des problèmes d'ordonnancement.

Le dernier chapitre, sera consacré à la réalisation d'un cas pratique de l'ENIEM par MS Project.

En fin, ce travail sera achevé par une conclusion générale.

Le but de ce chapitre est d'avoir une idée générale sur l'organisme d'accueil et le contexte de l'étude, ce qui permet de préciser les frontières du domaine

sur lequel doit porter cette étude.

1-Historique et structure de l'entreprise:

1-1 Présentation générale de l'organisme d'accueil:

1-1-1 Situation géographique:

Le complexe d'appareils ménagers se trouve au sein de la zone industrielle Aissatidir de oued -aissi, distance de 7 km du chef-lieu de wilaya, il s'étale sur une superficie de 40 hectares et il relève administrativement de la commune de Tizi -Rachid, daïra de Tizi-Rachid,son siège social se situe au chef-lieu de la wilaya de Tizi-ouzou.

1-1-2 Création et évolution:

La naissance de l'entreprise nationale des industries électroménagères ENIEM, est due à la restriction organique de la SONELEC le 02 janvier 1983, dont celle-ci était un projet datant du 21 août 1971.Le complexe estentré en production réelle le 16 juin 1977 avec un effectif de 572 travailleurs.

En 1989, a été elle proclamée comme une société par action (personne morale distincte de l'état),qui se relèvera suite à sa baisse de production qui est due à la concurrence du marché et cela tout en ayant pour objectif, l'amélioration, la recherche et le développement de ses produits à l'échelle

Nationale et Internationale et dans divers domaines tels que:

- Climatisation, cuisson, réfrigération et conservation (Oued-aissi)
- Sanitaire(Meliana)
- Filial lampe(Mohammedia)

Elle est la première entreprise Algérienne à être certifiée aux normes iso 9002 en 1998 et iso 9001/2000 en 2003 et renouvelée en 2006

1-2 Développement et organisation de l'entreprise ENIEM:

1-2-1 Développement:

Pour atteindre ces espérances en matière de développement, l'ENIEM fait appelle à sa structuration qui est schématisée de manière à donner la solution la plus fiable, et pour cela elle se compose de plusieurs unités d'organisation qui sont:

- 4 unités de production
- 1 unité commerciale
- 1 unité de prestation
- 1 filiale dans le capital est 100% ENIEM

1-2-2 L'organisation généralede l 'ENIEM:

L'entreprise s'est organisée comme suit:

-la direction générale:

Elle est l'unique entité qui est responsable de la stratégie du développement, de l'assistance et de contrôle de l'entreprise, elle exerce son autorité hiérarchique et fonctionnelle sur l'ensemble des unités, elle regroupe des directions centrales suivants:

-Direction de gestion industrielle;

-Direction de développement et partenariat;

-Direction des ressources humaines;

-Direction finances et comptabilité;

-Direction de planification et de contrôle de gestion;

-Direction qualité

Elle est dirigée par un président directeur général (PDG), assisté par un conseil de direction formé par les directeurs centraux.

- **Les unités de l'ENIEM**: Sont dirigées par des directeurs d'unités, elles sont identifiées comme suit:

-L'unité froid

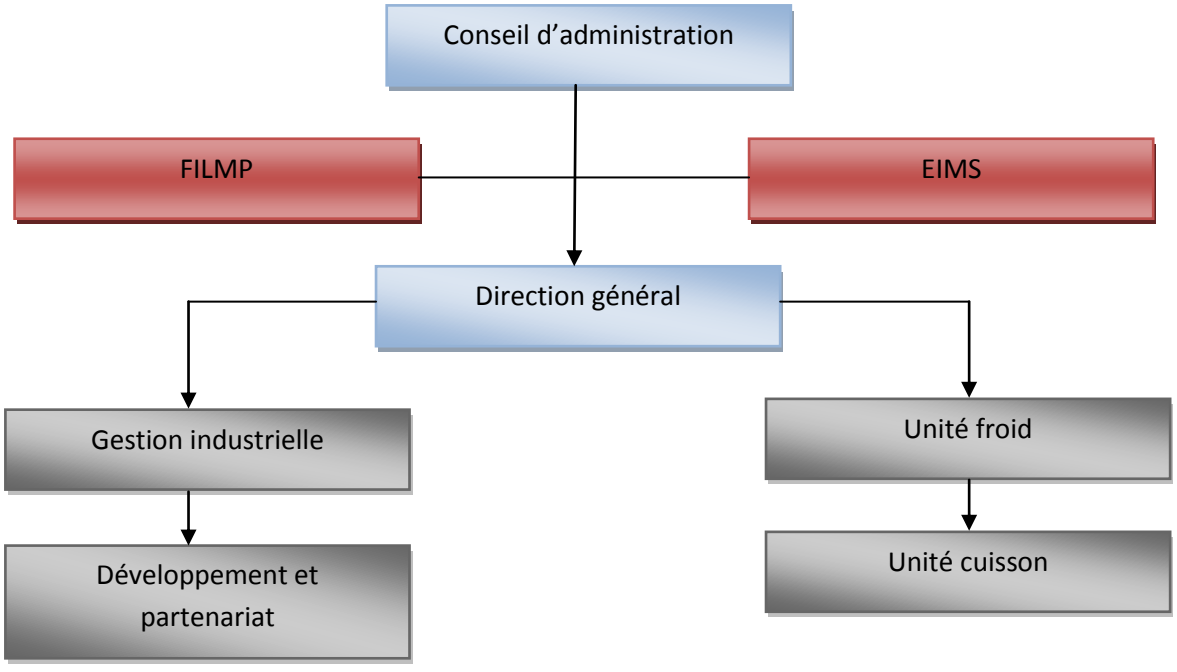
-l'unité cuisson

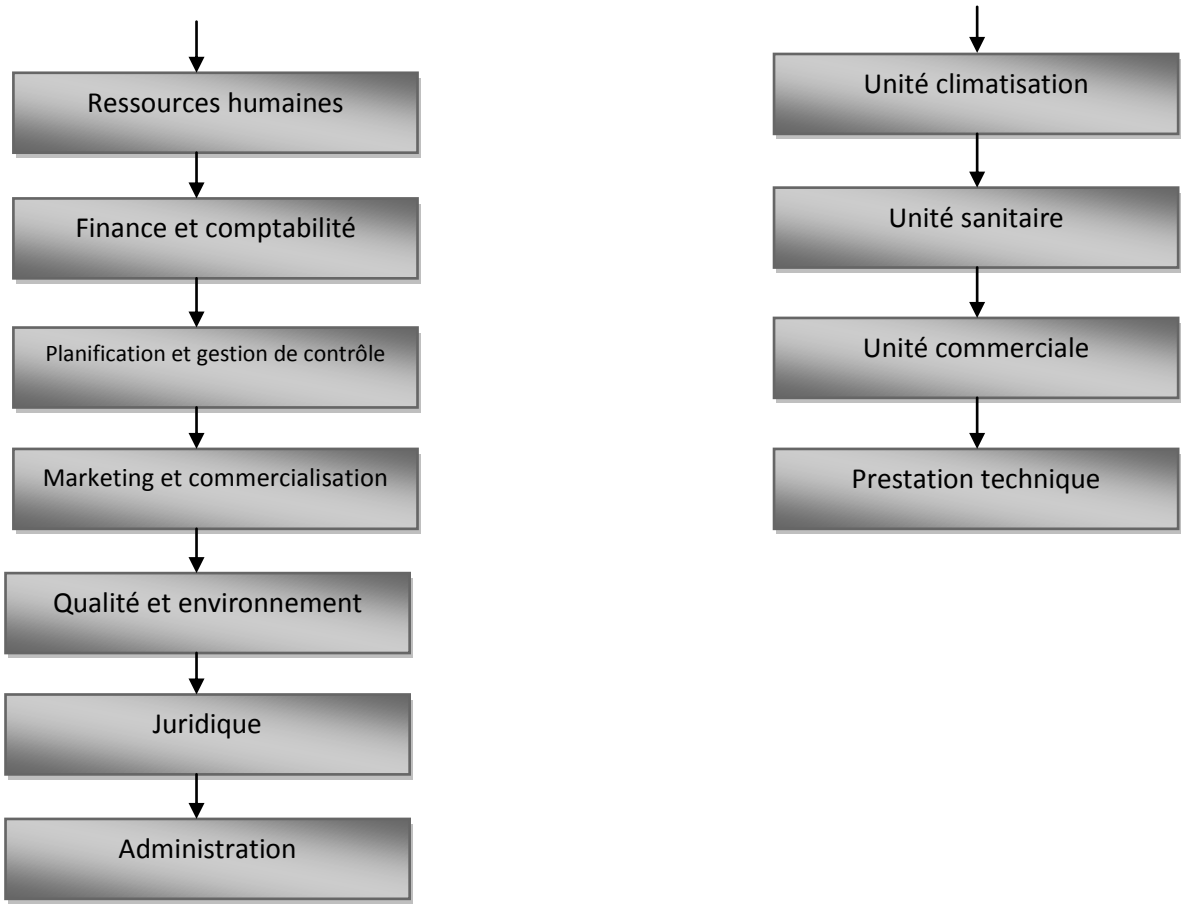
-L'unité climatisation

-L'unité prestation technique

-L'unité commerciale

-L'unité sanitaire





Organisation générale de l'entreprise

1-3 L'effectif de l'ENIEM:

L'effectif de l'ENIEM au 31/12/2010 était de 2930 agents, la décomposition par catégorie socioprofessionnelle est reprise dans le tableau suivant:

categories	effectif
cadre	325
maitrise	575
exécution	2030
total	2930

Tableau de l'effectif de l'ENIEM

1-4Activités et missions:

1-4-1 Les activités:

La mission principale de l'ENIEM est en premier lieu d'assurer la production, le montage et la commercialisation ainsi que la recherche et le développement, dans pratiquement toutes les branches d'activités électroménagères et la prise en charge de la distribution de ses produits.

Les actions de l'ENIEM sont détenues en totalité par holding électronique informatique et télécommunication, les différents produits de l'ENIEM sont:

Unités Froid :

- Réfrigérateurs et congélateur domestique :
  - Réfrigérateur 160 L, 1 porte.
  - Réfrigérateur 240 L, 1porte.
  - Réfrigérateur 300 D, 2 portes.
  - Réfrigérateur 350 S, 1 porte.
  - Réfrigérateur-congélateur 290 C, 2 portes.
  - Réfrigérateur-congélateur vertical 220 F, 2 portes.
  - Réfrigérateur 520 L ADE, 2 portes.
  - Réfrigérateur 520 L SDE PB, 2 portes.
  - Réfrigérateur No-Frost FR 4506 K, 2 portes.
  - Réfrigérateur sidé by sidé, 2 portes.
- Congélateurs et conservateur à usage commercial :
  - Congélateur Bahut CF 1686 (468L).
  - Congélateur Bahut 1301 (350L).
  - Conservateur portes coulissantes vitrées CFSG 1571 (440 L).
  - Conservateur portes coulissantes vitrées CFSG 1301 (365 L).
  - Armoire vitrées VBG 1597 N (4671).

Unité Cuisson :

Les modèles fabriqués sont :

- Cuisinière tout gaz (6120-6525-6520) 4 feu.
- Cuisinière tout gaz (6540) inox 4 feux.
- Cuisinière tout gaz (8210) 5 feux.

Unité climatisation :

- Climatiseur « type fenêtre » 12000-15000-18000 BTU.

- Climatiseur « split système » 7000-9000-18000-24000 BTU.
- Machine à laver 7 kg.
- Chauffe-eau 10 L (gaz naturel, gaz butane).

Petits appareils ménagers :

- Moulin à café
- Sèches à cheveux, mixeurs.

1-4-2-Les missions :

-La direction générale

La politique de l'entreprise est d'optimiser les moyens humains et financiers nécessaires au bon déroulement de ses politiques et stratégies.

-Le contrôle de gestion

Procéder aux ajustements nécessaires des écarts observés entre les prévisions et les résultats concrets de l'entreprise.

-La recherche et le développement

Améliorer les produits existants et/ou créer de nouveau en fonction de la politique pour répondre aux besoins de la clientèle.

-Les services (fonction) achats

Fournissent à l'entreprise les produits, matières et fournitures conforme à la qualité exigé en s'approvisionnant auprès de fournisseurs ayant des délais constants et a des prix aussi proches que possible des prix prévus.

-La production

Met à la disposition de commerciale les produits ou service correspondant à la qualité définie par la politique, en respectant les délais de fabrication les plus court possible.

-Le commercial

C'est le responsable de la création de la marge en vendant à ses clients solvables.

-L'ordonnancement

Gère tous les stocks de l'entreprise, matières, marchandise, produit en cours, produit finis, en fonction de la politique pour mettre les produits à la disposition du commercial au moment où celui-ci en a besoin. L'ordonnancement donne par conséquent des instructions sur les quantités à acheter ou sur l'importance des séries à fabriquer.

-L'administration

Comptabilise les mouvements de valeurs, gère le personnels et assure l'entretient générale, ce sont des fonctions indispensable pour qu'une entreprise puisse fonctionner.

1-5 Politique et les objets de l'entreprise ENIEM :

1-5-1 Politique environnementale

L'entreprise ENIEM a placé l'environnement au cœur de ses préoccupations.

Néanmoins, ses différentes activités peuvent avoir des impacts non négligeables sur l'environnement pour les réduire, l'ENIEM a développé un système de management environnemental selon le référentiel ISO 1400 /2004, et s'engagé dans une démarche d'amélioration continue.

Ainsi, conformément à son système de management environnementale et pour atteindre ses objectifs, la direction générale de l'ENIEM s'engage à :

- Respecter les exigences légales et réglementaires par ses activités.
- Prévenir et maitriser la pollution générée par ses activités.
- Poursuivre la gestion de ses déchets.
- Rationaliser la consommation des énergies.
- Optimiser la consommation d'eau.
- Communiquer avec les parties intéressées.
- Améliorer les compétences du personnel.
- Améliorer la communication en interne.
- Mener des revues de direction.
- Améliorer l'efficacité du système d'aménagement de l'environnement.

1 5-2 Politiques qualités

Consciente de la pression exercée par le marché de l'électroménager face aux enjeux économiques, l'ENIEM a mis en œuvre et développé un système de management de la qualité conforme au référentiel international ISO 2009 /2008.

La satisfaction durable de ses clients constitue la motivation principale de leur engagement et le pivot de leur réussite.

Cette politique qualité basée sur l'amélioration continue des processus se manifeste par la volonté de la direction générale à :

- Comprendre les besoins de ses clients et repondre efficacement en mettant à leur disposition des produits et services compétitifs.
- Développer la culture de l'entreprise et le professionnalisme de leur personnel.
- Améliorer en continue l'efficacité du système de management de la qualité.

Pour mettre en œuvre sa politique, la direction générale de l'ENIEM s'engage à :

- Se conformer aux exigences légales réglementaires en vigueur.
- Appliquer et respecter les dispositions et procédures établies.
- Fournir les ressources nécessaires à atteindre des objectifs.
- Mener ses revenues de direction.

1-6-Objectifs de l'ENIEM 2016 :

En conformité avec sa politique environnementale l'ENIEM se fixe pour l'année 2016 les objectifs suivants :

- L'amélioration de la gestion des déchets.
- La rationalisation de la consommation des énergies et fluides.
- La prévention de risque de pollution.
- La sensibilisation des parties intéressées.
- La formation du personnel sur l'environnement.
- Amélioration de la qualité des produits.
- Accroitre la satisfaction des clients.
- Amélioration du chiffre d'affaire.

2-Présentation de l'unité prestation technique:

L'unité prestation technique assure les fonctions de soutiens aux unités de production ainsi qu'à l'unité commerciale. Le bureau d'engineering est composé d'une équipe d'ingénieurs et techniciens dynamiques expérimentés qui assurent et développent des moyens de production pour l'entreprise.

Outre ses activités inter unités, elle assure également pour le compte des clients externes (publics et privés) des prestations en matière de conception et réalisation d'outils, de moules et différents composants mécaniques ainsique les pièces de rechange.

2-1-Département de fabrication mécanique outillage:

Département de fabrication mécanique est issu de la direction de prestation technique, elle possède des bâtiments industriels, de stockage et des moyens adéquats à son exploitation.

Sa mission est la production et le développement des moyens de production et des pièces de rechanges.

2-1-1 Les services de département fabrication mécanique outillage:

Ledépartement de fabrication mécanique outillage se compose de plusieurs services:

A-Service bureau technique fabrication mécanique:

Sa mission est :

L'étude général et le développent des méthodes de fabrication mécanique

(Dossier technique, dossier de présentation).

B-Service réalisation:

Il est Composé de deux sections:

A-section d'outillage: spécialiser pour la fabrication des moyens de production

B-section usinage: consiste à la fabrication des pièces de rechange (les pièces en aluminium, cuivre, acier et le revêtement des pièces en plastique)

C-Service conception:

La conception des pièces et moyens de production.

3-Problématique:

Le problème d'ordonnancement apparaît dans des domaines aussi variés que l'organisation opérationnelle du travail dans les usines, la planification des grands projets...etc. La théorie actuelle de l'ordonnancement focalise sur l'amélioration de la productivité, la réduction des cycles de fabrication, ordonnancement des tâches ou des ressources, tenu des délais, gestion des stocks ....).

Notre objectif est d'appliquer des méthodes d'ordonnancement dans le but d'améliorer l'efficacité etl'organisation de la production del'entreprise ENIEM.

Positionnement du problème:

L'ENIEM est spécialisé dans la fabrication des appareils électroménagère et assure également pour le compte des clients externes des prestations en matière de conception et réalisation d'outils, de moules et différents composants mécanique ainsi que les pièces de rechange selon des programmes planifier.

Dans notre étude, nous nous intéressons au département de fabrication mécanique outillage, c'est à dire à la production dans l'atelier et l'enchainement des activités dans le temps et l'espace.

Le cadre de notre étude:

Notre étude est consacrée au problème de l'ordonnancement des tâches sous contraintes temporelles et incertitude. L'objectif est de construire l'ordonnancement optimal qui minimise la durée totale de la chaine de fabrication d'un moyen de production "moule injection plastique DOMINO" et gérer les machines dans l'atelier de fabrication, tout en respectant le principe de la production et les délais de la réalisation pour satisfaire la quantité demandé.

Objectif de notre travail:

L'objectif principale consiste à programmer et fixer les dates d'exécution d'une réalisation et vise à organiser l'utilisation des ressources matériels et humaines présentes dans l'atelier, soit pour satisfaire directement les demandes et les contraintes imposées par les clients, soit pour les besoins de planification souvent associés à la production.

1- Introduction :

Les problèmes d'ordonnancement sont très variés par nature. On les rencontre dans de nombreux domaines. En fait, tous les secteurs sont concernés par les problèmes d'ordonnancement au sens large:

- les systèmes industriels de production: il s'agit de résoudre conjointement des problèmes d'ordonnancement et de planification de moyens de transformation et de transport, des problèmes d'agencement et de dimensionnement d'ateliers, ou de gestion de la chaine logistique.

-les systèmes informatiques: il s'agit de paralléliser des programmes informatiques ou de définir comment des applications programmées en parallèle seront exécutées, ou bien en temps réel, il s'agit de prendre en compte des contraintes temporelles strictes qui particularisent encore plus les problèmes.

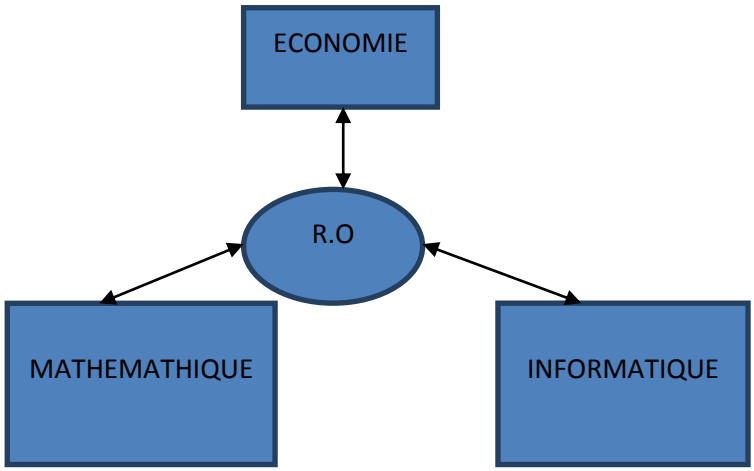
-les systèmes administratifs: la planification de soins dans le domaine de la santé, l'affectation de ressources en général, les problèmes d'emploi du temps.

-les systèmes de transport: avec les problèmes de tournées, ou les problèmes d'habillages dans les réseaux de transport en commun, etc.

La première partie de ce chapitre sera consacré essentiellement aux définitions et rappels sur les graphes, par la suite on s'intéressera aux définitions et notions de base pour la compréhension de la théorie de l'ordonnancement.

2-Rappels sur les graphes:

La recherche opérationnelle constitue une discipline carrefour où se rencontrent l'économie, les mathématiques et l'informatique.



L'objectif de la recherche opérationnelle est de trouver des solutions optimales pour des problèmes économiques en utilisant des méthodes mathématiques capables d'être programmés par l'ordinateur et on peut résoudre les problèmes par la théorie des graphes qui constitue une partie fondamentale de la recherche opérationnelle.

La théorie des graphes apporte dans ce domaine une aide incontestable, elle est un support rigoureux à la fois pour la vérification de la cohérence du problème posé et pour sa résolution, généralement les données sont présentées sous forme d'un schéma.

La théorie des graphes sera utile pour la compréhension des principes de modélisation et de résolution du problème d'ordonnancement de projet et autres problèmes comme les problèmes d'affectation, les problèmes de maintenance...etc. Notre travail sera consacré essentiellement aux problèmes de l'ordonnancement de projet.

2-1 Le concept d'un graphe:

Un graphe est un schéma constitué par un ensemble de points x_1, $x_{2,\dots,}$ x_n et par un ensemble d'arcs reliant chacune deux de ceux-ci, et dénotées u_1, u_2,…, u_m , points sont appelés les sommets du graphe.

L'ensemble des sommets du graphe noté G, se désigne généralement par X, l'ensemble des arcs étant lui-même désigne par U.

2-2-1 Graphe orienté et graphe non orienté:

2-2-1 Graphe orienté:

Un graphe orienté est un système formé d'un ensemble fini de sommets que l'on notera $\{x_1, x_{2,\dots,}x_n\}$ et d'un ensemble finis d'arcs reliant dans un ordre bien définis ces sommets, ou un certain nombre d'entre eux noté $\{u_1, u_{2,\dots,} u_m\}$.

Un graphe orienté est représenté par le couple G=(X, U)

Où:

X: est l'ensemble des sommets

U: est l'ensemble des arcs

2-2-2 Graphe non orienté:

Si on définit une relation sur un ensemble, où la notion d'ordre n'est pas importante, on représente ainsi la relation entre deux sommets par un arc non orienté appelé arête. On obtient alors un graphe non orienté, noté G=(X, E).

2-3 Graphe simple et graphe multiple:

Un graphe simple est un graphe sans boucle ni arcs (arête) multiples. Dans le cas contraire, c'est à dire, si des boucles ou des arcs (arêtes) multiples sont autorisés, on dira alors que le graphe est multiple.

2-4 Degré d'un sommet:

Soit G=(X, U) un graphe orienté, on a:

- Le demi degré extérieur d'un sommet x est égal au nombre d'arcs ayant le sommet x comme extrémité initial, on dit aussi le nombre d'arcs incidents extérieurs au sommet x, on le note : $d^+(x) = |\{u \in U / I(u)=x\}|$

- Le demi degré intérieur d'un sommet x est égal au nombre d'arcs ayant le sommet x comme extrémité terminale, on dit aussi le nombre d'arcs incidents intérieurs au sommet x, on le note: $d^-(x) = |\{u \in U / T(u)=x\}|$

- Le degré d'un sommet x est le nombre d'arcs ayant x comme extrémité initiale ou terminale, on dit aussi le nombre d'arcs adjacent à x on le note : $d_G(x)=d_G^+(x)+d_G^-(x)$

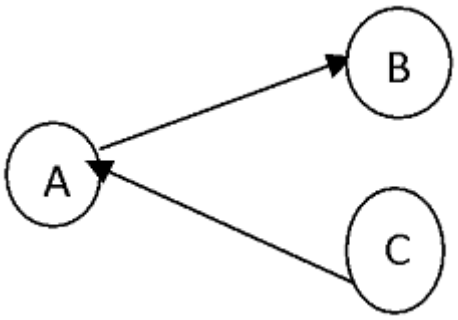
2-5 Modes de représentation d'un graphe:

2-5-1 Ensemble des prédécesseurs et successeurs:

On dit que y est un prédécesseur de x, s'il existe un arc de la forme (y, x), l'ensemble des prédécesseurs de x est noté: $\Gamma^-(x)$

De même, on dit que y est un successeur de x s'il existe un arc ayant son extrémité initiale en x et son extrémité terminale en y, l'ensemble des successeurs de x est noté: $\Gamma^{+}(x)$

Exemple:



-le sommet C'est un prédécesseur de A, on note Γ^{-} (A)

-Le sommet B est un successeur de A, on note Γ^{+}(A)

2-5-2 Représentation matricielle:

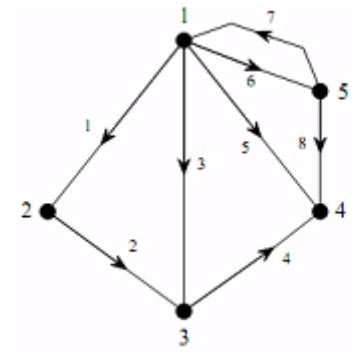
A- Matrice d'adjacence:

La matrice d'adjacence du graphe G=(X, U) est une matrice n*n; ses éléments prennent deux valeurs 1 ou 0, chaque ligne et chaque colonne correspondent à un sommet du graphe, ainsi chaque élément de la matrice indique la relation qui existe entre deux sommets:

1 signifie que les deux sommets sont reliés par un arc.

0 signifie que les deux sommets ne sont pas reliés par un arc

Exemple:



(G)

La matrice d'adjacence de G est la suivante:

$$U = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

B- Matrice d'incidence:

La matrice d'incidence aux arcs d'un graphe G=(X, U) est une matrice n*m, ses éléments prennent les valeurs 1, 0 ou -1. Chaque ligne de la matrice est associée à un sommet et chaque colonne à un arc. Chaque élément de la matrice indique la relation entre un sommet et un arc comme suit:

- +1 signifie que le sommet est une extrémité initiale de l'arc.
- -1 signifie que le sommet est une extrémité terminale de l'arc.
- 0 signifie qu'il n'existe pas de relation entre le sommet et l'arc.

Exemple:

La matrice d'incidence aux arcs de G est:

$$M = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & -1 & 0 \\ -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & -1 & 0 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

2-6 Cheminements dans un graphe:

Le cheminement dans la théorie des graphes sont de quatre types : la chaine, le cycle, le chemin et le circuit.

2-6-1 Chaine:

Soit G=(X, U) un graphe, une chaine joignant deux sommets x_0 et $x_k$dans un graphe G est une suite de sommets reliés par des arêtes tels que, deux sommets successifs ont une arête commune.

On la note: (x_0, x_1,x_2,…, x_k).On dit que x_0 et $x_k$sont les extrémités de la chaine.

Exemple:

Dans un graphe G, la suite de sommets suivante (A, B, C, D) est une chaine joignant A à D.

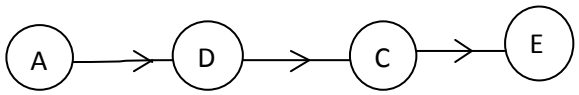
2-6-2 Chemin:

Soit G=(X, U) un graphe,un chemin du sommet x_0 à x_k dans un graphe G, est une suite de sommets reliés successivement par des arcs orientés dans le même sens; on note: (x_0 ,x_1 , x_2, x_3, ...,x_n).

Deux sommets successifs d'un chemin sont respectivement extrémité initiale et terminale du même arc, exception faite au premier, et au dernier sommet.

Exemple:

Dans le graphe G, la suite de sommet suivante (A, D, C, E) est un chemin joignant A à E.

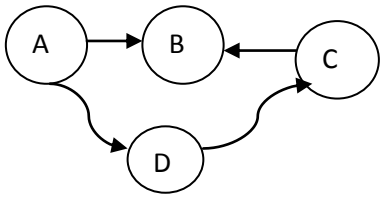


2-6-3 Cycle:

Un cycle est une chaine simple dont les deux extrémités coïncident (x_0 coïncide avec x_k), on note : ($x_0, x_1, x_2, \ldots\ldots\ldots, x_k = x_0$).

Exemple:

Dans le graphe G, la suite de sommets suivante (A, B, C, D, A) est un cycle.

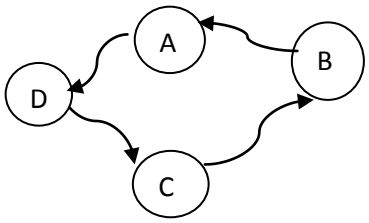


2-6-4 Circuit:

Un circuit est un chemin dont les deux extrémités sont confondues; on le note par : ($x_0, x_1, x_2, \ldots\ldots\ldots, x_k = x_0$).

Exemple:

Dans le graphe G, la suite suivante (A, D, C, B, A) est un circuit



2-7- Etude de la connexité dans un graphe:

2-7-1 Notion de connexité:

On définit la connexité dans un graphe, par la relation entre deux sommets de la manière suivante :

Deux sommets x et y ont une relation de connexité ⇔il existe une chaine entre x et y ou bien x=y.

2-7-2 Composantes connexes:

On appelle composante connexe, un ensemble de sommets qui ont deux à deux la relation de connexité, de plus tout sommet en dehors de la composante n'a pas de relation de connexité avec les sommets de cette composante.

2-7-3 Graphe connexe:

Un graphe G=(X, U) est dit graphe connexe, si tous ses sommets ont deux à deux la relation de connexité; autrement dit, si G contient une seule composante connexe.

Un graphe est connexe⇔ il possède une seule composante connexe

2-7-4 Notion de forte connexité:

On définit la forte connexité dans un graphe par une relation entre deux sommets de la manière suivante:

Deux sommets x et y ont une relation de forte connexité ⇔ il existe un chemin de x à y et un chemin de y à x ; ou bien x=y

2-7-5 Composantes fortement connexes:

On appelle composante fortement connexe un ensemble de sommets qui ont deux à deux la relation de forte connexité; de plus tout sommet en dehors de la composante n'a pas de relation de forte connexité avec aucun élément de cette composante.

2-7-6 Un graphe réduit:

On appelle graphe réduit du graphe G=(X, U), le graphe $G_r=(X_r, U_r)$ dont:

- Les sommes sont représentées par les composantes fortement connexes C_i du graphe G.

- Les arcs (x, y) dans le graphe G avec le sommet x appartenant à C_i et le sommet y appartenant à C_j, alors il existera un arc (C_I, C_j) dans le graphe réduit G_r.

2-7-7 Graphe fortement connexe:

Un graphe G est dit fortement connexe si tous ses sommets ont deux à deux la relation de forte connexité, autrement dit si G contient une seule composante fortement connexe.

2-7-8 Mise en ordre d'un graphe connexe :

Ordonner un graphe revient à disposer dans un certain ordre ses sommets tels que les arcs soient dans le même sens, on définit ainsi les différents niveaux des sommets du graphe.

Principe de L'algorithme:

Soit le graphe orienté G=(X, U).

Les niveaux des sommets du graphe sont ordonnés comme suit:

(0) On détermine le dictionnaire des prédécesseurs du graphe G, formé par le couple $(W, \Gamma_G^-(x))$.

(1) On repère dans le dictionnaire des prédécesseurs du graphe les sommets n'ayant pas de prédécesseurs ($\Gamma_G^-(x)=\emptyset$).

(1.1) On pose N_0 l'ensemble des sommets du graphe n'ayant pas de prédécesseurs, on l'appelle niveau nul.

(1.2) On barre dans la colonne de $\Gamma_G^-(x)$ tous les sommets de niveaux nul N_0, on obtient une nouvelle colonne $\Gamma_{G1}^-(x)$, avec G1 le sous-graphe engendré par X/N_0.

(2) On repère dans la nouvelle colonne $\Gamma_{G1}^-(x)$ les sommets n'ayant pas de prédécesseurs ($\Gamma_{G1}^-(x)= \emptyset$).

(2.1) On pose N1 l'ensemble des sommets du graphe n'ayant pas de prédécesseurs.

(2.2) On barre dans la colonne de $\Gamma_{G1}^-(x)$ tous les sommets de niveaux N1, on obtient une nouvelle colonne $\Gamma_{G2}^-(x)$, avec G2 le sous graphe engendré par $X/N_0 \cup N1$.

On continue le même procédé jusqu'à ce qu'on termine le graphe et on représente ainsi le graphe ordonné par niveaux de G.

2-8 Arbre et arborescences:

2-8-1-Arbre:

Soit n le nombre de sommets d'un graphe G=(X, U), et m le nombre de ses arcs.

Si G est connexe $\Rightarrow m \geq n-1$

Si G est sans cycles $\Rightarrow m \leq n-1$

On dit que G est un arbre s'il est connexe et sans cycle

2-8-2 Racine:

Un sommet d'un graphe G est une racine s'il existe un chemin joignant S à chaque sommet du graphe G à l'exception du sommet lui-même.

2-8-3 Arborescence:

Un graphe G=(X, U), avec $|X|=n \geq 2$ sommets est une arborescence de racine S:

-G est un arbre

-S est une racine de G

2-9 Problème de recherche d'un arbre de poids minimum:

On associe à chaque arc d'un graphe G=(X, U) une valeur (poids) .Le problème de l'arbre de coût minimum consiste à trouver un sous graphe qui est un arbre, dont la somme des poids des arcs est minimale.

Principe de L'algorithme de Kruskal pour construire un arbre de poids minimum:

Soit un graphe valué G=(X, U, c) et un ensemble d'arcs W

(0) Initialisation:

Numéroter les arcs de G dans l'ordre des poids croissants:

$c(u_1) \leq c(u_2) \leq ... \leq c(u_m)$

Soit W=ø; i=1

(1) Si$(X, W \cup \{u_i\})$ contient un cycle aller en (3)

Sinon aller en(2)

(2) On pose $W:=W \cup \{u_i\}$ aller en(3)

(3) Si i = m terminé,

A=(X, W) est l'arbre de poids minimum $c(W) = \sum c(u_i)$ pour $u_i \in W$

Sinon i:=i+1 aller en (1)

L'algorithme s'arrête lorsque le nombre d'arcs retenus est égal à n-1.

2-10 Problème de recherche d'un plus court chemin:

2-10-1 Réseau:

Un réseau est un graphe G=(X, U) muni d'une application $d:U \rightarrow R^+$ qui à chaque arc fait correspondre sa longueur d(u), on note un tel réseau par:

R=(X, U, d). En pratique, d(u) peut matérialiser un coût, une distance, une durée… etc.

2-10-2 Recherche d'un plus court chemin par l'algorithme de Bellman:

On applique cet algorithme pour la recherche d'une arborescence de plus courts chemins dans un réseau R=(X, U, d) sans circuit.

(0) initialisation:

Soit s un sommet de X, on pose S={s} et $\pi(s) = 0$, A=ø

(1) chercher un sommet hors de S dont tous les prédécesseurs sont dans S.

- Si un tel sommet n'existe pas; Terminer

Dans ce cas soit S=X, ou le sommet s n'est pas une racine dans R.

- si un tel sommet existe ; aller en (2)

(2) on pose :$\pi(x) = \mathrm{Min}\{\pi\big(I(u)\big) + d(u)\}$

Soit u´ l'arc pour lequel $\pi(x) = \pi\big(I(u')\big) + d(u')$

A: = Au {u´}; S:=Su{x} aller à (1)

2-10-3-Recherche d'un plus court chemin par l'algorithme de Dijkstra:

On applique cet l'algorithme pour déterminer une arborescence des plus courtes distances sur un réseau R =(X, U, d), où les longueurs des arcs sont positives ou nulles (d(u) ≥0,$\forall\, u \epsilon U$)

(0) Initialisation

Soit x_1 un sommet de X.

On pose: S={x_1}, π(x_1) =0, π (x_i) =∞,$\forall x_i \in X/\{x_1\}$, C($x_1$)=ø α=x_1

α est le dernier sommet introduit dans S.

(1) Examiner tous les arcs u dont l'extrémité initiale est égale à α (I(u)=α) et l'extrémité terminale n'appartient pas à S (T(u)=y avec y $\in \backslash$S)

Si π(α) +d(u) <π(y), on pose π(y)=π(α) +d(u) et C(y)=u Aller en (2)

(2) Choisir un sommet z ϵ S, tel que π(z)=min {π(y)/y $\notin$ S}

Si π(z)=∞ ; Terminer, le sommet x_1 n'est pas une racine dans R.

Si π(z) <∞ ; on pose α=z et S= S ∪ {α}

Si S=X ; Terminer, C définit le chemin de longueur minimale (ou maximale issus de x_1.

Si S≠ X; Aller en (1)

3- Problèmes d'ordonnancement:

Dans un problème d'ordonnancement interviennent deux notions fondamentales: les tâches et les ressources, une tâche est un travail dont la réalisation nécessite un certain nombre d'unités de temps, et d'unités de chaque ressource. Une ressource est un moyen, technique ou humain, dont la disponibilité limitée ou non est connue à priori.

Dans cette partie, nous présenterons des notions et définitions nécessaires pour la compréhension de la théorie de l'ordonnancement.

3-1 Atelier- schéma rapide d'organisation et de fonctionnement:

Un atelier est formé de machines reliées par les moyens de transport (de façon analogue, un ordinateur est constitué de composants: mémoire, processeur, ...reliées par des connexions). Il est destiné à fabriquer des pièces (dont le modèle théorique est appelé job), elles-mêmes se décomposant en diverses tâches, et ce travail nécessite des ressources.

3-1-1-notion du projet:

Nous appellerons << projet >> un ensemble d'opérations qui doivent permettre d'atteindre un objectif clairement exprimable et présentant un certain caractère d'unicité.

3-1-2 Tâches et travail:

Une opération appelée aussi une tâche est un travail élémentaire à être localisé dans le temps par des affaiblis de début d'exécution ou de fin d'exécution dont la réalisation nécessite un certain intervalle de temps appelé durée d'exécution.

Un produit est une succession de plusieurs opérations élémentaires appliquées à une matière première ou à un produit intermédiaire. Dans le cas général, ces opérations sont partiellement ordonnées dans le temps selon un graphe de précédence appelé gamme de fabrication

3-1-3-Machines:

Une machine est un appareil ou un ensemble d'appareils capables d'effectuer un certain travail ou de remplir une certaine fonction, soit sous la conduite d'un opérateur, soit d'une manière autonome. Elle est conçue par des ingénieurs dont le maitre à penser est l'ordre technico-économique et non l'humain.

Dans le cadre des problèmes d'ordonnancement d'atelier, une machine peut représenter aussi une ressource utilisée pour mener à bien un projet.

Dans un atelier, un étage représente un ensemble de machines disposées en parallèle, chacune d'entre elles peut réaliser, éventuellement avec des performances différentes, une même opération sur un produit donnée.

3-1-4 Ressources:

Une ressource est un moyen technique ou humain destiné à être utilisé pour la réalisation d'une tâche et disponible en quantité limité avec sa capacité.

Plusieurs types de ressources sont à distinguer:

•**Une ressource renouvelable:** Si, après avoir été utilisée par une ou plusieurs tâches, elle est à nouveau disponible en même quantité (les hommes, les machines, l'espace, l'équipement en général....). La quantité de ressource utilisable à chaque instant est limitée. Dans ce cas on distingue deux types de ressource :

1-Les ressources disjonctives: (ou non partageables) qui ne peuvent exécuter qu'une tâche à la fois (machine outil, robot manipulateur)

2-Les ressources cumulatives: (ou partageables) qui peuvent être utilisées par plusieurs taches simultanément (équipe d'ouvriers, poste de travail)

•**Une ressource consommable:** matière première, budget.., la consommation globale au cours du temps est limitée. Une ressource est doublement contrainte lorsque son utilisation instantanée et sa consommation globale sont toutes deux limitées (source d'énergie, financement,…etc.).

3-2Définitions générales des problèmes d'ordonnancement:

Un problème d'ordonnancement consiste à organiser dans le temps la réalisation de tâches, compte tenu de contraintes temporelles (délais, contraintes d'enchainement, etc...). Et de contraintes portant sur l'utilisation et la disponibilité des ressources requises pour les tâches, et visant à minimiser (maximiser) un certain critère d'optimalité.

Un problème d'ordonnancement est caractérisé par deux ensembles:

Un ensemble de n tâches T= {T_1, T_2,...,Tn} et un ensemble de m machines M= {M_1, M_2,…, M_m}. Dans ce cas, une machine est considérée comme ressource. Ordonner c'est assigner les tâches de l'ensemble T aux machines de l'ensemble M, dans l'ordre de compléter toutes les tâches sous des contraintes imposées.

De nombreuses contraintes peuvent être imposées, on s'intéresse essentiellement aux contraintes dues à une relation de dépendance entre les tâches, on note "i prec j" et on dit " i précède j " si la tâche j ne peut commencer son exécution que si la tâche i ait terminé. Cette relation est donnée par un graphe de précédence G (V, E) et V est l'ensemble des tâches et un arc (i, j) est dans E si et seulement si " i prec j".

L'exécution d'une tâche peut être interrompue et reprise plu tard, avec ou sans résume, une tâche est reprise à partir du point où elle a était interrompue ou elle est reprise du début.

Un problème est statique ou dynamique (on line ou offline), si ses paramètre (les durées d'exécution, les dates de disponibilités, etc) sont, respectivement , connus à priori ou à posteriori. Il est déterministe ou stochastique si, respectivement, ses paramètre sont connus et donnés ou suivent une distribution de probabilité.

3-3 Caractéristiques des machines et des tâches:

Un problème d'ordonnancement est défini par les caractéristiques des machines et celles des tâches.

3-3-1 Caractéristiques des machines:

Les machines peuvent être en parallèle, faisant la même fonction, ou spécialisées dans l'exécution de certaine opération (une tâche est constituée de plusieurs opérations), dans ce cas, les machines sont disposées en séries.

On distingue trois types de machines parallèles dépendant de leurs vitesses. Si elles ont la même vitesse d'exécution des tâches, elles sont dites identiques. Si elles diffèrent par leur vitesse d'exécution et la vitesse d'une machine est constante et ne dépend pas des tâches, elles sont dites uniformes. Si les vitesses d'exécution des machines dépendent des tâches et sont différentes alors elles sont dites quelconques.

Dans le cas des machines spécialisées, il y a trois modèles ou types d'exécution des tâches:

- **open shop:**

L'ordre de passage des n jobs à travers les machines n'est pas prédéfini, il est déterminé au fur et à mesure que l'ordonnancement est construit.

- **Flow shop:**

Les n jobs passent à travers les m machines dans un ordre bien fixé et qui est commun à tous les jobs. Si de plus il existe une contrainte selon laquelle toutes

les machines exécutent les n jobs dans le même ordre on parle alors de permutation shop.

•Job shop:

Chaque job possède son propre mode de passage à travers les machines, remarquons ici qu'un job peut être exécute plusieurs fois par la même machine.

3-3-2-Caractéristiques des tâches:

A chaque tâche $T_j \in T$, on associe les paramètres suivants:

1- La durée d'exécution p_{ij} de la tâche $T_j$sur la machine M_i. dans le cas de machines identiques, le temps d'exécution d'une tâche ne dépend pas de la machine, d'où $p_{ij}=p_j$, i=1,..., m. Si les machines sont uniformes alors $p_{ij}=\frac{Pj}{bi}$,i=1,.....,m ; où$p_j$est une durée d'exécution de référence , mesurée usuellement sur la machine la moins rapide et b_i est le facteur vitesse d'exécution de la machine M_i.

2- La date d'arrivée ou date de disponibilitér_j, la date où la tâche T_j est prête pour l'exécution. Si les dates d'arrivée sont les mêmes pour toutes les tâches, on suppose que $r_j=0$, j=1,..., n.

3- La date de fin d'exécution au plus tard d_j. Appelée aussi date de fin échue ou date de fin souhaite. Si la tâche termine son exécution après cette date, elle encourt une pénalité.

4- La date de fin impérative$\tilde{d}$.Si la tâche termine son exécution après cette date, elle ne risque pas seulement une pénalité mais des problèmes surgiront, soit l'atelier est bloqué ou la machine tombe en panne, etc.

5- Le poids ou la priorité w_j, il exprime une urgence dans l'exécution de la tâche T_j.

6-La date de fin d'exécution C_j, en général, c'est une variable à déterminer.

7-Le décalage $L_j=C_j-d_j$.Le temps total durant lequel, la tâche est autorisée à rester dans l'atelier.

8-Le retard $D_J = \max \{C_j - d_j, 0\}$

9-L'avance $E_i = \max (0 - L_i)$.

10- L'indication de retard $U_i = 0$ si $c_i < d_i$ et $u_i = 1$ sinon.

3-4-Modélisation:

3-4-1 Variable de décision:

Les variables sontdifférentes selon qu'elles concernent des décisions sur le temps (variables d'ordonnancement) ou sur les ressources (variables d'affectation).

3-4-2 Contraintes:

Une contrainte exprime des restrictions sur les valeurs que peuvent prendre conjointement une ou plusieurs variables de décision. On distingue:

•Les contraintes temporelles: composé de

-Contraintes de temps alloué: issues généralement d'impératifs de gestion et relative aux date limites des tâches ou la durée total d'un projet.

-Contraintes d'antériorité et plus généralement contrainte de cohérence technologique, qui décrivent des positionnements relatifs devant être respectés entre tâche.

•Les contraintes de ressources:

-Contraintes d'utilisation de ressources qui expriment la nature et la quantité des moyens utilisés par les tâches, ainsi que les caractéristiques d'utilisation de ces moyens.

-contraintes de disponibilité des ressources qui précisent la nature et la quantité des moyens disponible au cours du temps.

3-4-3 Objectif et critères d'évolution:

Lorsqu'on aborde la résolution d'un problème d'ordonnancement, on peut choisir entre deux grands types de stratégies, visant respectivement à

l'optimalité des solutions par rapport à un ou plusieurs critères, ou plus simplement à leur admissibilité vis à vis des contraintes.

A-Critères:

L'approche par optimisation suppose que les solutions candidates à un problème puissent être ordonnées de manière rationnelle selon un ou plusieurs critères d'évaluation numérique permettant d'apprécier la qualité des solutions: on cherche à maximiser ou minimiser de tels critères. On note par exemple ceux :

Liés au temps:

-Le temps total d'exécution ou le temps moyen d'achèvement d'un ensemble de tâches.

-Les retards par rapport aux dates limites fixées.

Liés aux ressources:

- La quantité maximale, moyenne ou pondérée de ressources nécessaires pour réaliser un ensemble de tâches.

-La charge de chaque ressource.

Liés aux coûts :

Le coût de lancement, de production, de transport, de stockage mais aussi aux revenus, aux retards d'investissement.

3-5-Les caractéristique générale d'ordonnancement:

3-5-1Ordonnancement admissibles:

Un ordonnancement est dit admissible s'il respecte toutes les contraintes du problème (dates limites, précédences, limitation des ressources,....)

On parle de glissement à gauche local lorsqu'on avance le début d'une tâche sans remettre en cause l'ordre relatif entre les tâches.

On parle de glissement à gauche global lorsqu'on avance le début d'une tâche en modifiant l'ordre relatif entre au moins deux tâches.

3-5-2-Ordonnancement semi- actif:

Dans un ordonnancement semi-actif, aucun glissement à gauche local n'est possible: on ne peut avancer une tâche sans modifier la séquence sur la ressource.

3-5-3 Ordonnancement actifs:

Dans l'ordonnancement actif aucun glissement à gauche-local ou global n'est possible. Aucune tâche ne peut être commencée plut tôt sans reporter le début d'une autre.

3-5-4 Ordonnancements sans retard:

Dans un ordonnancement sans retard, on ne doit pas retarder l'exécution d'une tâche si celle-ci est en attente et si la ressource est disponible.

1-Introduction :

Une fois que le processus de décomposition en tâches élémentaire a été achevé, il faut évidemmenttrouver un ordre d'exécution de ces tâches compatible avec les contraintes. Déterminer un tel ordre, c'est obtenir une solution du problème d'ordonnancement. Mais parmi les nombreuses solutions qui peuvent se présenter, certaines permettent d'effectuer le travail en moins de temps que d'autres, ou à un moindre coût.....il s'agit donc de choisir, relativement à un critère fixé à l'avance, la meilleure solution.

Les méthodes d'ordonnancement prennent comme critère: minimiser la durée totale d'exécution du projet, peuvent se regrouper en deux grandes familles selon le principe de base qu'elles utilisent. On distingue d'une part les méthodes du type diagramme à barres ou diagramme de Gantt. Et d'autre part les méthodes du chemin critique CPM (criticalpathmethod) avec sa variante PERT (program Evaluation and Reviewtechnique) et la méthode française MPM (méthode des potentiels)

2-Méthode du type diagramme à barre ou diagramme de GANTT:

2-1-Définitionet principe du diagramme GANTT:

Le diagramme de Gantt est un outil permettant de modéliser la planification des tâches nécessaires à la réalisation d'un projet, il s'agit d'un outil s'introduit en 1917 par Henry Laurence Gantt. C'est un outil pour le chef de projet, représentant graphiquement l'avancement du projet, mais c'est également un bon moyen de communication entre les différents acteurs d'un projet.

Le principe de ce type de diagramme est de représenter au sein d'un tableau, en ligne les différentes tâches et en colonne les unités de temps (exprimées en mois, semaines, jours....). Les différentes étapes de la réalisation d'un diagramme de Gantt sont les suivantes:

- Définition des différentes tâches à réaliser et leurs durées.
- Définition des relations d'antériorité entre tâches.

- Représentation des tâches par des traits dans le diagramme: d'abord les tâches n'ayant aucune antériorité, puis celles dont les tâches antérieures ont déjà été représentées, et ainsi de suite...
- Représentation de la progression réelle du travail par untrait pointillé parallèle à la tâche planifiée.

La figure ci- dessous représente un diagramme de Gantt, où chaque colonne représente une unité de temps, les traits épais représentent les durées d'exécutions prévues des tâches et les traits pointillés représentent le déroulement d'exécution. Par exempleLa tâches B, qui dure 5 unités de temps, ne peut commencer son exécution qu'après la fin de la tâche A et elle peut s'exécuter en même temps que la tâche C.

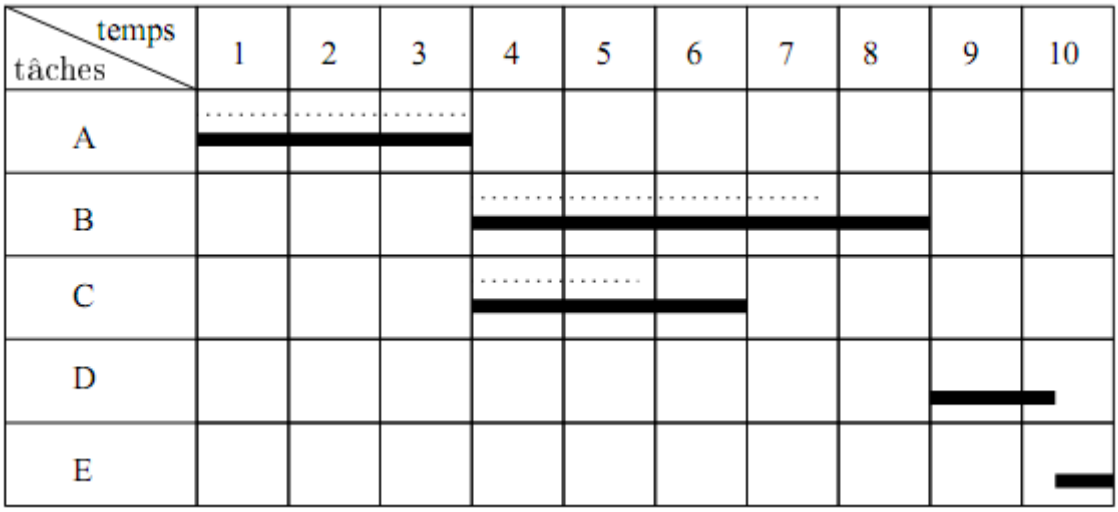


Diagramme de Gantt

Le chemin critique est formé d'une succesité de tâches sur le chemin le plus long en termes de durées (A, B, D, E dans l'exemple). Il est appelé chemin critique parce que tout retard sur l'une des tâches du chemin entraine un retard dans l'achèvement du projet. Le diagramme de Gantt permet de déterminer la date de réalisation d'un projet et d'identifier les marges existantes sur certaines tâches (avec une date de début au plus tôt et une date de fin au plus tard).

2-2-Avantage et inconvénient de GANTT:

•Avantage de GANTT:

-Lecture simple et accessible à tous

-Le suivi peut s'effectuer facilement lors du déroulement du projet en comparant les dates prévues et les dates réelles.

-Les dates de début et de fin de chaque tâche sont lues directement sur l'échelle de temps.

-Il permet en affectant les ressources aux tâches d'établir le plan de charge.

-Il visualise bien la durée des tâches.

- Il représenter la progression du travail sur le diagramme et à tout moment on peut connaitre l'état d'avancement du projet.

-Il permet de visualiser l'avance ou retard d'une tâche à partir d'un pointage.

•Inconvénient de GANTT:

Le diagramme de GANTT est un bon outil de communication avec des différents acteurs du projet. Par contre, il présente un certain nombre de lacunes :

- Difficulté d'estimer les conséquences d'une avance ou d'un retard d'une tâche sur les autres tâches et sur le délai final.

- Difficulté de repérer les tâches dont le délai d'exécution conditionne le délai final (tâches critiques).

- Ne résout pas tous les problèmes, en particulier si l'on doit planifier des fabrications qui viennent en concurrence pour l'utilisation de certaines ressources.

3-Méthodes du chemin critique:

3-1-Historique:

C'est pour échapper à cette critique qu'ont été élaborées différentes techniques que l'on regroupe sous le terme générique de <<méthodes du chemin critique>>.

La plus ancienne de ces technique est CPM (criticalpathmethod), mise au point, par Morgan Walker et James e kelley en 1956.

La méthode PERT (programm Evaluation and Review technique) mise au point en 1958. A cette époque la marine américaine devait réaliser dans les meilleurs délais le système d'arme polaris. Sous l'impulsion de l'amiral Rayburn, responsable du projet, fut développée une nouvelle technique d'ordonnancement. Le travail fut accompli en collaboration avecla société de conseil Booz Allen et Hamilton.

Ces méthodes furent introduites en Europe vers 1961. Cependant, dès 1958, Bernard roy, de la SEMA, mettait au point une méthode, dite des potentiels, ou méthode MPM, et l'appliquait à l'occasion de la construction d'une centrale nucléaire. La méthode MPM ressemble au PERT par certains aspects, mais elle diffère sensiblement sur d'autres .Reposant sur une théorie mathématique assez poussée. Elle présente des avantages de généralité et de la souplesse par rapport au PERT, par contre sa mise en œuvre est un peu plus complexe.

3-2-Méthode CPM (Critical path Method):

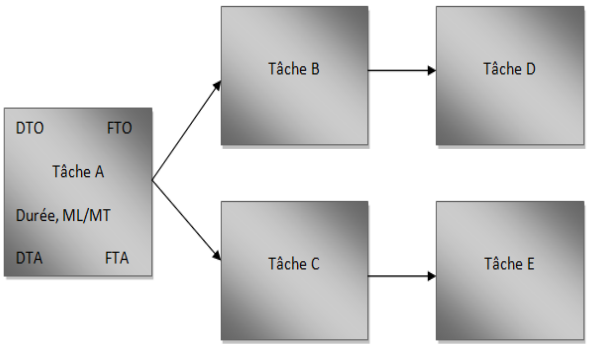
3-2-1-Définition et principe de la méthode de CPM:

<<Criticalpathmethode>> est un outil de représentation graphique par une boitetrès utilisé en gestion de projet, il permet de calculer la durée totale d'un projet à partir de chaque tâche et des liaisons de dépendances existant entre différentes activités etreprésenté par des flèches. C'est une relation logique entre les activités construit de gauche à droit pour représenter la chronologie d'un projet. Le but de cette méthode est de minimiser la durée du projet dans le cadre d'un budget et minimiser les coûts du projet dans le cadre d'un délai.

Le graphe CPM est construit à partir d'opération ou tâche, le caractère aléatoire des durées n'est pas pris en compte en CPM, et enfin on y introduit des coûts en fonctions des durées.

Dès 1958, le calcul mathématique du CPM (devenu chemin critique)est appliqué au PERT, par ce raisonnement, toute modification de la durée d'une tâche située sur ce chemin entraine une modification dans la durée de fin du projet.

Exemple:



Réseau CPM

DTO : début au plut tôt

FTO: fin au plut tôt

DTA: début au plus tard

FTA: fin au plus tard

ML: marge libre

MT: marge total

3-3-Ordonnancement par la méthode de PERT:

PERT signifie <<program Evaluation and Reviewtechnic>>, que l'on traduit par<<méthode de planification à base de recherche opérationnelle, ou technique d'établissement et de remise à jour des programmes>>

3-3-1-Définition de la méthode de PERT:

La méthode PERT est une technique de gestion de projet qui permet de visualiser la dépendance des tâches et de procéder à leur ordonnancement, c'est un outil de planification. On utilise un graphe de dépendances et pour chaque tâche, on indique une date de début et de fin au plus tôt et au plus tard.Le diagramme permet de déterminer le chemin critique qui conditionne la durée minimale du projet. Son but est de trouver la meilleure organisation possible pour qu'un projet soit terminé dans les meilleurs délais, et d'identifier les tâches critiques, c'est à dire les tâches qui ne doivent souffrir d'aucun retard sous peine de retarder l'ensemble du projet.

La méthode s'appuie en grande partie sur une représentation graphique qui permet de bâtir <<un réseau >>

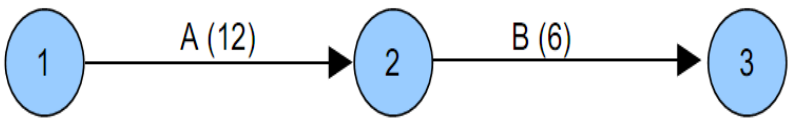
3-3-2-La représentation du réseau PERT:

La méthode PERT consiste à représenter un problème d'ordonnancement de projet par un graphe dit<< réseau PERT>> ou <<diagramme événements taches>>, qu'on note R=(X, U, d), ce réseau est constitué par des tâches et des étapes:

-**Etape:(sommet)**commencement ou fin d'une tâche. Une étape n'a pas de durée, on symbolise une étape (ou <<nœud>>) sur le réseau par un sommet.

-Tâche: (arc) déroulement dans le temps d'une opération. Contrairement à l'étape, la tâche est pénalisante car elle demande toujours une certaine durée d(u), des moyens(ou ressources) et coute de l'argent. Elle est symbolisée par un arc orienté ou liaison orienté sur lequel seront indiqués l'action à effectuer et le temps estimé de réalisation de cette tâche

Exemple :



Remarque:

-La longueur des arcs n'est pas proportionnelle au temps d'exécution.

-pour alléger la représentation, on ne note pas le nom complet de la tâche, (une lettre ou un code).

3-3-3-principes et méthodologie de construction d'un réseau de PERT:

Contrairement à celle de Gantt, un PERT est un graphe caractérisé par des sommets et des arcs.Les sommets entre arcs définissant les relations d'antériorité,le graphe doit être:

• Séquentiel: ce graphe ne comportera ni retour ni circuit.

• Monographe: ne rencontrera qu'un seul arc entre deux sommets.

Le principe de cette méthode estréduire la durée totale d'un projet par une analyse détaillée des tâches ou activités élémentaires et leur enchainement .On étudier les délais sans prendre en compte les charges. Ainsi pour élaborer et exploiter un réseau PERT, on distingue six grandes étapes:

•Etablir la liste des tâches.

•Déterminer les conditions d'antériorité.

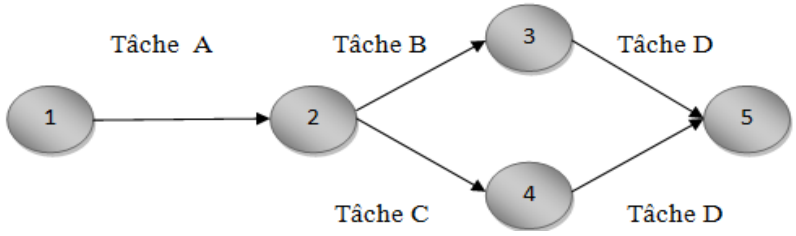
•Tracer le réseau PERT.

•Calculer les dates des tâches et déterminer le chemin critique.

•Calculer les marges totales de chaque tâche.

•Construire le planning du projet.

Exemple:



Réseau de PERT

A- Les étapes:

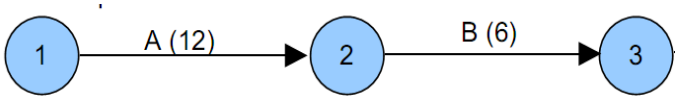
On appelle étape, le début ou la fin d'une tâche, habituellement on numérote les étapes de telle façon que le numéro du sommet au début d'un arc soit inférieur au numéro du sommet en fin de l'arc. On indique aussi leur temps de réalisation au plus tôt et au plus tard.

B- Représentation graphique des étapes et des tâches dans un réseau:

• Tâches successives:

Les tâches qui se succèdent immédiatement sont représentées par des flèches qui se suivent:

Exemple:A précède B ou A antériorité de B

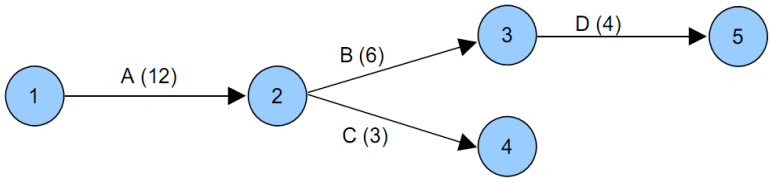


Succession des tâches

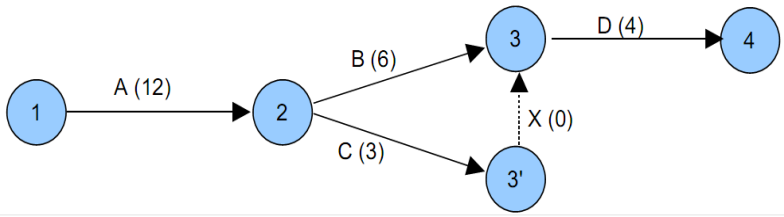
• Tâches simultanées:

Elles peuvent commencer en même temps en partant d'une même étape.

Exemple: B et C peuvent commencer simultanément.



Si l'on souhaite que D ne commence que si B et C sont terminées:

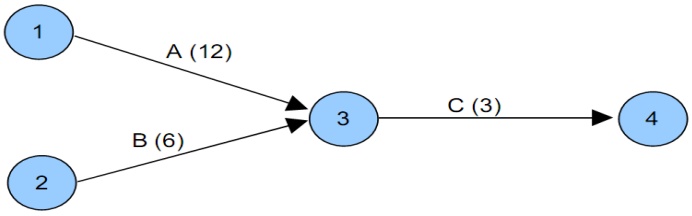


Où (3', 3) est dit fictive

•Tâches convergentes :

Plusieurs tâches peuvent se terminer sur une même étape

Exemple:



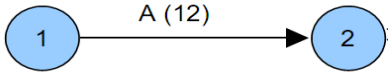
Convergence des tâches

Ici, la tâche A a une durée de 12 unités de temps, B a une durée de 6 unités de temps, on constate que la tâche A durée plus long temps que B. A est dite<< pénalisante>>

•Tâches symbolise:

Toute tâche a une étape de début et une étape de fin, la tâche suivante ne peut démarrer que si la tâche précédente est terminée

Exemple:

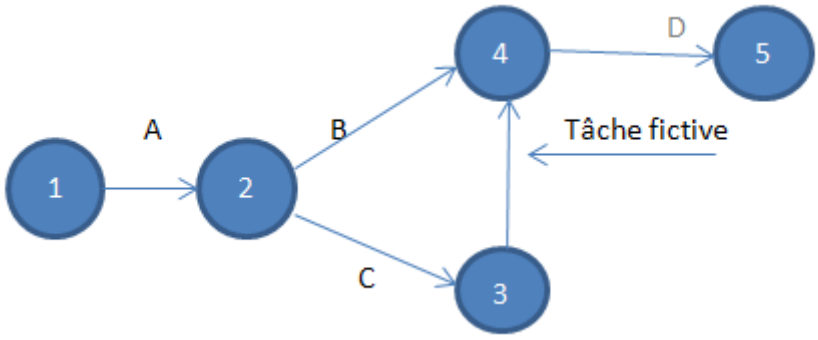


Symbolisation d'une tâche

Parfois, il est nécessaire d'introduire des tâches fictives (trait pointillé). Une tâche fictive a une durée nulle. Elle ne modifier pas le délai final.

1er cas: Tâches parallèles

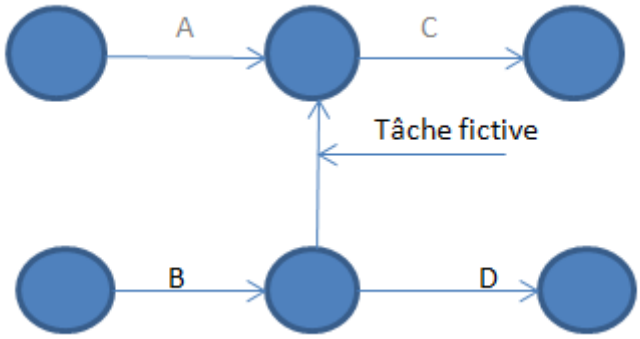
Exemple: Les tâches B et C suivent la tâche A et précède la tâche D



Présentation des tâches fictives

2EME cas: Tâches dépendantes et indépendantes

Exemple: La tâches C succède à A et à B, la tâche D succède à B mais est indépendant de A il faudra alors représenter ces relations ainsi:

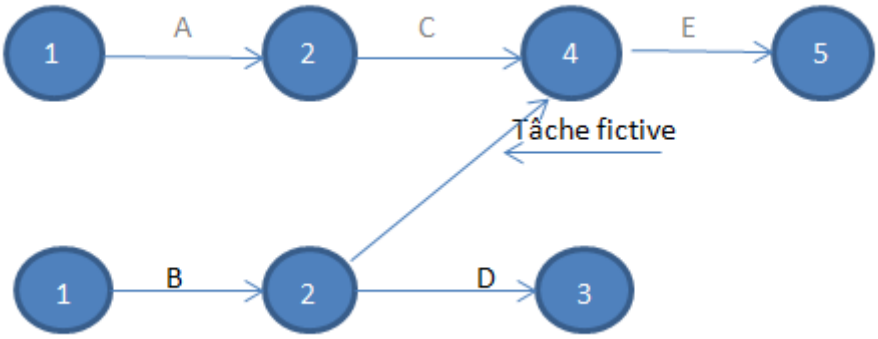


Dépendance et indépendance des tâches

3emecas: Délai doit deux tâches.

Exemple:

La tâche A est suivie de la tâche C, la tâche B est suivie de la tâche D, la tâche E suit la tâche C et ne peut commencer d'après un certain délai après la tâches B. Il faudra alors représenter ces relations qui ont Respect de délai entre tâches



Respect de délai entre tâches

C-Calcule des dates des tâches:

Dans la méthode PERT, on calcul deux valeurs pour chaque étape:

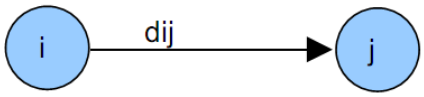
-La date au plus tôt d'une étape:

Il s'agit de la date à laquelle une étape pourra être commence au plus tôt, en tenant compte du temps nécessaire à l'exécution des tâches précédentes.

Pour déterminer la date au plus tôt d'une étape, il faut parcourir le diagramme de gauche à droite et calculer le temps du plus long des chemins menant de début du projet à cette tâche en utilise l'algorithme de FORD pour le calcul des chemins optimaux.

***Soit il n'y a qu'une seule tâche (un seul chemin) entre deux étapes alors:**

Exemple:



Présentation d'une tâche

On note:

T_i: date début au plus tôt de l'étape <<i>>.

d_{ij}: la durée de la tâche (i, j).

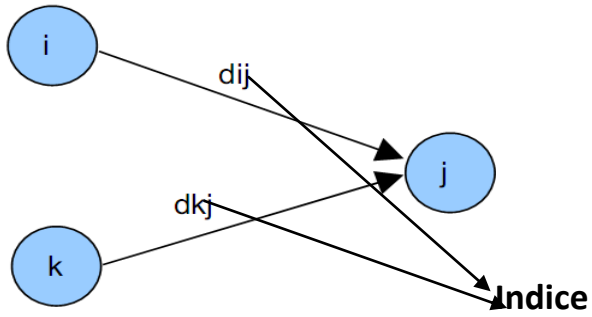
On initialise la date au plus tôt de la première étape (début) à 0:

$T_1=0$ ⟵ désigne la date début au plut tôt de l'étape<<1>>

La date au plus tôt de j:

$T_j=T_i + d_{ij}$

***Soit il y a plusieurs chemins pour aboutir à l'étape j alors:**



Les prédécesseurs d'une tâche

La date au plus tôt de j:

$T_j = max (T_i+d_{ij}, T_k+d_{kj})$

- La date au plus tard d'une étape:

Il s'agit de la date à laquelle une étape doit être commencée à tout prix, si l'on ne veut pas retarder l'ensemble du projet.

Pour déterminer la date au plus tard d'une étape, il faut parcourir le diagramme de droite à gauche, et soustraire de la date au plus tard de l'étape suivante la durée de la tâche dont on calcule la date au plus tard.

***Soit il y a un seul chemin qui sort de l'étape<<i>>, alors:**

On note:

T^*_i: date début au plus tard de l'étape <<i>>

On initialise la date au plus tard de la dernière étape (fin du projet) avec sa date au plus tôt:

$T^*_n = T_n$

La date au plus tard de i:

$$T^*_i = T^*_j - d_{ij}$$

***Soit il y a plusieurs chemin qui sortent du l'étape <<i>>, alors:**

Date au plus tard de i:

$$T^*_i = \min (T^*_j - d_{ij}, T^*_k - d_{ik})$$

- La date début au plus tôt d'une tâche (i, j):

La date de début au plus tôt d'une tâche (i, j) est égale à la date au plus tôt de l'étape dont elle est issue, c'est à dire l'étape i.

On note

T_{ij}:la date de début au plus tôt de tâche (i, j)

$$T_{ij} = T_i$$

-Date de début au plus tard d'une tâche (i,j):

La date de début au plus tard d'une tâche (i, j) est égale à la date au plus tard de l'étape à laquelle aboutit moins la durée de cette tâche.

On note:

T^*_{ij}: la date de début au plus tard de la tâche (i, j).

$$T^*_{ij} = T^*_j - d_{ij}$$

-Date de fin au plut tôt d'une tâche (i, j) :

La date de fin au plus tôt d'une tâche (i, j) est égale à sa date au plus tôt (T_{ij}) plus sa durée.

On note:

T^{F}_{ij}: date de fin au plus tôt d'une tâche (i, j).

$$\mathbf{T^{F}_{ij} = T_{ij} + d_{ij}}$$

-Date de fin au plus tard d'une tâche (i, j):

La date de fin au plus tard d'une tâche (i, j) est égale à sa date de début au plus tard(T^{*}_{ij}) plus sa durée.

On note:

T^{*F}_{ij}: date de fin au plus tard d'une tâche (i, j)

$$\mathbf{T^{*F}_{ij}=T^{*}_{ij} + d_{ij}}$$

E- Analyse et identification des marges et de chemin critique:

Une fois la date au plus tard et la date au plus tôt de chaque étape calculée, on peut analyser la situation. La date au plus tôt fournit la date planifiée pour chaque étape et les dates au plus tard indiquent de combien un événement peut retarder le projet, ceci permet d'identifier les tâches critiques.

-Identification des chemins critiques:

- **Tâche critique:**

Une tâche est dite <<critique>> si tout retard dans son exécution se répercute automatiquement sur la durée de réalisation du projet, en d'autres termes, une tâche est critique si sa date de début et sa date de fin sont critiques, et si la différence entre la date de début et la date de fin est égale à la durée de la tâche. autrement dit, une tâche i est critique si δ(i)=0.

- **Chemin critique:**

C'est l'ensemble des tâches dont la marge totale et la marge libre est nulle. C'est le chemin dont la succession des tâches donne la durée d'exécution la plus longue du projet et fournit le délai d'achèvement le plus court. Si l'on prend du retard sur la réalisation de ces tâches, la durée globale du projet est allongée.

-Calcul des marges et l'intervalle de flottement:

•L'intervalle de flottement :

Il a une signification importante, l'événementE_i doit se produire entre t_i et t_i^* si l'on veut achever l'ensemble des tâches dans le temps prévu. La valeur de l'intervalle de flottement:$F_i=t_i^* - t_i$

Indique le délai dont la réalisation de E_i peut excéder la date attendue. Pour les événements critiques, dates limites et dates attendues seront les mêmes; ainsi, leur intervalle sera nul. Ceci confirme bien la définition de l'événement critique.

•Les marges:

Le responsable du projet peut se pencher aussi sur le degré de liberté dont il dispose pour éventuellement augmenter la durée d'une tache sans compromettre la durée totale du projet; on distingue trois types de marges:

Marge libre:

C'est le retard maximal admissible pour le démarrage d'une opération, sans modification de la date attendue de l'événement terminal E_j de cette opération: $m_{ij} = t_j - t_i - t_{ij}$

Marge totale:

Elle représente le retard maximal admissible pour le démarrage d'une opération, sans modification du délai total.

$$\mathbf{M_{ij} = t_j^* - t_i - t_{ij}}$$

M_{ij} : est la marge de l'opération (E_i, E_j)

Marge certaine:

Elle correspond au délai dont on dispose sur une opération, sans modification des dates au plus tôt qui lui succèdent, toutes les opérations antérieures étant supposées commencer à leur date au plus tard: $\mu_{ij} = \max(0, t_j - t_i^* - t_{ij})$

(En fait, on dira qu'une opération possède une marge si $\mu_{ij} > o$)

Le calcul des marges va permettre au praticien de gérer l'ordonnancement au fur et à mesure du déroulement du calendrier d'exécution. Si tous les événements se réalisent avant leur date limite t_i^*, le projet sera exécuté à la date prévue. Si un événement se produit après sa date limite, le praticien va essayer de rattraper ce retard en accélérant les tâches non critiques qui lui succèdent, donc jouant sur les marges de ces tâches.

S'il n'en a pas possibilité, il peut alors chiffrer ce retard et évaluer la nouvelle date de fin d'exécution du projet.

Ces marges joueront également un rôle important lorsqu'il s'agira de prendre en compte des contraintes disjonctives ou cumulatives.

3-3-4-Le but de la méthode de PERT

- Etablir un ordonnancement dès lors que les contraintes ne sont pas incompatibles. Cet ordonnancement est généralement choisi de manière à minimiser le temps total de réalisation des tâches.

- Déterminer le chemin critique et énumérer les tâches critiques: les taches dont l'exécution ne peut être ni retardée, ni ralentie sans que la date d'achèvement des travaux ne soit reculée d'un temps égal au retard ou à l'allongement correspond.

- Paramétrer les résultats précédents pour obtenir:

- un coût de réalisation plus bas en allongeant la durée de réalisation de certaines taches non critique.

- ou une accélération du programme au moindre coût, en choisissant les taches à raccourcir d'abord sur le chemin critique, puis dans le reste du graphe

- ou une adaptation à une contrainte qu'on n'a pu introduire dans le programme initial

3-4-Méthode des potentiels MPM:

3-4-1- Définition et les principes de la méthode MPM:

La méthode potentielle (MPM), à l'identique de la méthode PERT, une technique d'ordonnancement consiste à associer au projet un graphe visant à optimiser la planification des tâches d'un projet, dont les sommets représente les tâches et les arcs traduisent les contraintes de succession entre tâches. Les arcs ne sont pas, par conséquent, values dans un premier temps.

On peut définir de la même façon des dates de fin au plus tôt et au plus tard pour chaque tâche. Les notions de marges totales et libres restent les même aussi.Il est évident que la notion de marge est beaucoup plus explicite ici que dans un PERT. Puisqu'elle est attachée directement à une tâche du réseau et pas à un événement pouvant être simultanément début et fin de différentes taches.

Cetteméthode permet de réduire la durée totale d'un projet et permet de traduire facilement des chevauchements et des délais de décalage entre tâches, des exigences d'antériorité, ainsi que des liaisons rigides (une tâche doit commencer exactement à tel instant, ou exactement tant de temps après une autre).Les méthodes de calcul sont très voisines de celles des méthodes PERT et CPM. Enfin la méthode des potentiels rend aisée la traduction de modification à apporter en cours de réalisation au graphe de structure.

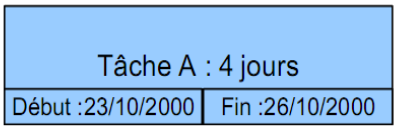
3-4-2-Réseau de MPM:

La méthode MPM est une représentation graphique qui permet de bâtir<< un réseau>>. Ce réseau est constitué par des tâches (ou étapes).

- **Tâche:**

Déroulement dans le temps d'une opération. La tâche est pénalisante car elle demande toujours une certaine durée, des moyens (ou ressources) et coute de l'argent.Contrairement au réseau PERT, ici elle est symbolisée par un rectangle

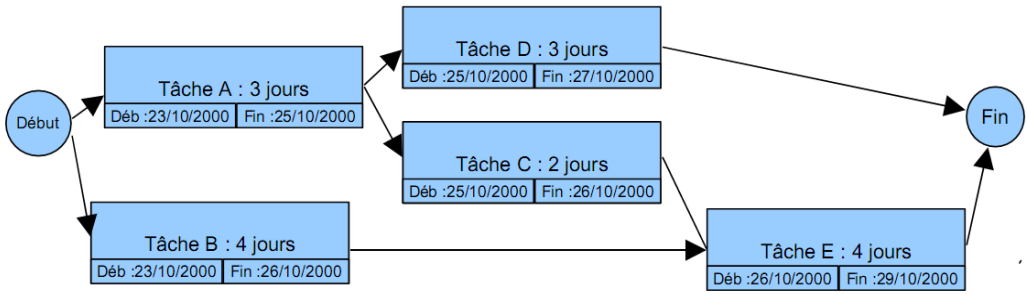
dans lequel seront indiqués l'action à effectuer et le temps estimé de réalisation de cette tâche, la date de début et de fin.



•Liaison orientées:

Elles représentent les contraintes d'antériorités des tâches.

•Exemple de réseau MPM:



Calculs sur le graphe:La méthode MPM comme la méthode PERT a pour but de planifier la durée d'un projet, aussi nous devons mener des calculs sur le graphe afin d'en déduire des renseignements sur son excitabilité.

3-4-3-Méthodologie de construction d'un réseau MPM: identique à celle du réseau PERT

-Etablir la liste des tâches (faire le partitionnement des tâches en fonction des ressources).

-Déterminer des antériorités: taches immédiatement antérieures, et tâches antérieures.

-Déterminer les niveaux d'exécution ou rang des tâches (très facile avec cette méthode)

-Construire le réseau MPM.

-Calcule la durée du projet, les dates début et de fin des tâches, déterminer les chemins critique.

A-Lecture d'un graphe MPM:

Le graphe se lit de gauche à droite (du sommet <<Début>> à celui de <<Fin>>). Des mêmes sommets peuvent donc partir plusieurs flèches, lorsque la tâche correspondante est immédiatement antérieure à plusieurs tâches indépendantes.

Chaque sommet est caractérise par: le <<nom de la tâche>>, la <<durée de cette tâche>>, les dates de <<début au plus tôt>> et de <<début au plus tard>>, la <<marge totale>>, et la<<marge libre>> de cette tâche.

B-Déterminer des dates au plus tôt et au plus tard dans un réseau MPM:

•La date au plus tôt:

La date au plus tôt d'une tâche dans un réseau MPM s'obtient en cumulant la date au plus tôt la tâche précédente et la durée de tâche en question.

On note:

d_i: la durée de la tâche i.

T_i: date au plus tôt de la tâche i.

T_j: date au plus tôt de la tâche j.

On initialise le sommet <<début>> avec une date au plus tôt=0

$T_1=0$ ⟵ désigne la date au plus tôt de la tâche début.

La date au plus tôt: $T_J= T_i + d_i$

Lorsque plusieurs arcs arrivent à un même sommet (c'est à dire plusieurs tâches sont immédiatement antérieur à la tâche considérée), il convient d'effectuer le calcul pour toutes les tâches précédentes la tâche en question et de retenir

comme date au plus tôt de cette dernière le maximum des valeurs ainsi trouvées(en effet, cette tâche ne pourra vraiment débuter que lorsque toutes les tâches qui lui sont immédiatement antérieur auront été terminées.) la formule a appliquer dans ce cas est donc:

$T_j = max(T_i + d_i)$; pour tous les prédécesseurs i de j

La durée minimale du projet correspond donc à la date au plus tôt du sommet<<Fin>>.

•La date au plus tard:

La date au plus tard d'une tâche dans un réseau MPM s'obtient en retirant de la date au plus tard de la tâche qui lui succède sa propre durée.

On note:

T_i^*: date au plus tard de la tâche i

On initialise le dernier sommet (Fin) avec une date au plus tard égale à la date au plus tôt.

$$T^{F*} = F^F$$

$$T_i^* = T_j^* - d_i$$

Lorsque plusieurs arcs partent d'un même sommet (c'est à dire plusieurs tâches succèdent à une tâche donnée), il convient de faire le calcul pour toutes les tâches succédant la tâche en question et de retenir comme<<date au plus tard>> le minimum des valeurs ainsi trouvées:

$$T_i^* = \min (T_j^* - d_i)$$

C-Calcul des différentes marges d'une tâche:

•Marge totale :

On note :

MT_i: marge totale de la tâche i

$$\mathbf{MT_i = T_i^* - T_i}$$

Un retard correspondant à la marge total d'une tâche se traduit par une modification des dates au plus tôt des tâches qui lui succèdent et entraine, généralement l'apparition éventuel d'un chemin critique s'il existe. Il n'est donc pas possible pas de cumuler des retards correspondant à leur marge totale sur plusieurs tâches successives, sans remettre en cause la durée optimale prévue pour le projet.

- **Marge libre:**

On note:

T_j: La date au plus tôt qui suit la tâche considérée

ML_i: La marge libre de la tâche i

$$\mathbf{ML_i = (T_j - T_i - d_i)}$$

Un retard correspondant à la marge libre d'une tâche reste sans conséquence sur les marges des tâches qui lui succèdent. Il est donc possible de cumuler des retards, s'inscrivant dans leur marge libre, pour plusieurs tâches successives, sans remettre en cause la durée optimale prévue pour le projet.

- **Marge certaine:**

La marge certaine d'une tâche indique le retard que l'on peut admettre dans sa réalisation (quelle que soit sa date au plus tôt) sans allonger la durée optimal du projet.

Elle se calcule en retirant la durée de la tâche en question à l'écart qu'il peut y avoir entre sa date au plus tard de début et sa date au plus tôt de fin

On note:

MC_i: Marge certaine de la tâche i

$$\mathbf{MC_i = max\ [0,\ min\ (T_j - T_i^* - d_j)]}$$

Remarque:

-D'après la formule de la marge certaine, la marge certaine est considérée nulle lorsque son calcul donne un nombre négatif.

-Un retard correspondant à la marge certaine d'une tâche reste sans conséquence sur les marges qui lui succèdent, même si elle a commencé à sa date au plus tard. Il est donc possible de cumuler des retards s'inscrivant dans leur marge certaine. Pour plusieurs tâches successives, même si elles commencent à leur date au plus tard sans remettre en cause la durée optimale prévue pour le projet.

1-Introduction:

Dans les chapitres précédents on a vu les méthodes de résolution pour optimiser le planning du projet, les responsables de ce projet ont proposé à traiter les problèmesnon résolus.

Lesproblèmes de calendrier du projet:

Il est très important de mettre en place le calendrier de travail de l'entreprise, car ce calendrier permet de définir les jours ouvrables, les jours chômés, les congés .....etc.

Les problèmes d'affectation particulière des ressources:

Au lieu d'utiliser l'affectation standard pendant tout la durée de la tâche et à temps plein, il est possible de modéliser d'autre types d'affectation:

-Affectation à temps partiel (une ressource travaille mi-temps)

- Affectation discontinue (maintenance des ressources matérielles)

Les problèmes d'affectation de travail supplémentaire:

Il est parfois nécessaire de recourir à cette méthode pour terminer une tache à temps.

Pour régler les problèmes énoncé ci-dessus ; nous avons eu recours au logiciel de MS PROJECT.

2- Représentation et les fonctionnalités du logiciel Microsoft Project:

2-2-le rôle du logiciel:

Microsoft Project est logiciel de la suite Microsoft office. Il s'agit d'un logiciel de gestion de projet et plus précisément de gestion de planning de projet, insérer les différents tâches, gérer les ressources et d'assurer le suivi des projets pendant leur réalisation.MS Project permet ainsi du chef de projet

d'assurer une gestion de projet professionnelle conforme à l'état de l'art, et ainsi garantir le respect des délais et du budget.il s'utilise aussi dans différents domaines à s'avoir:

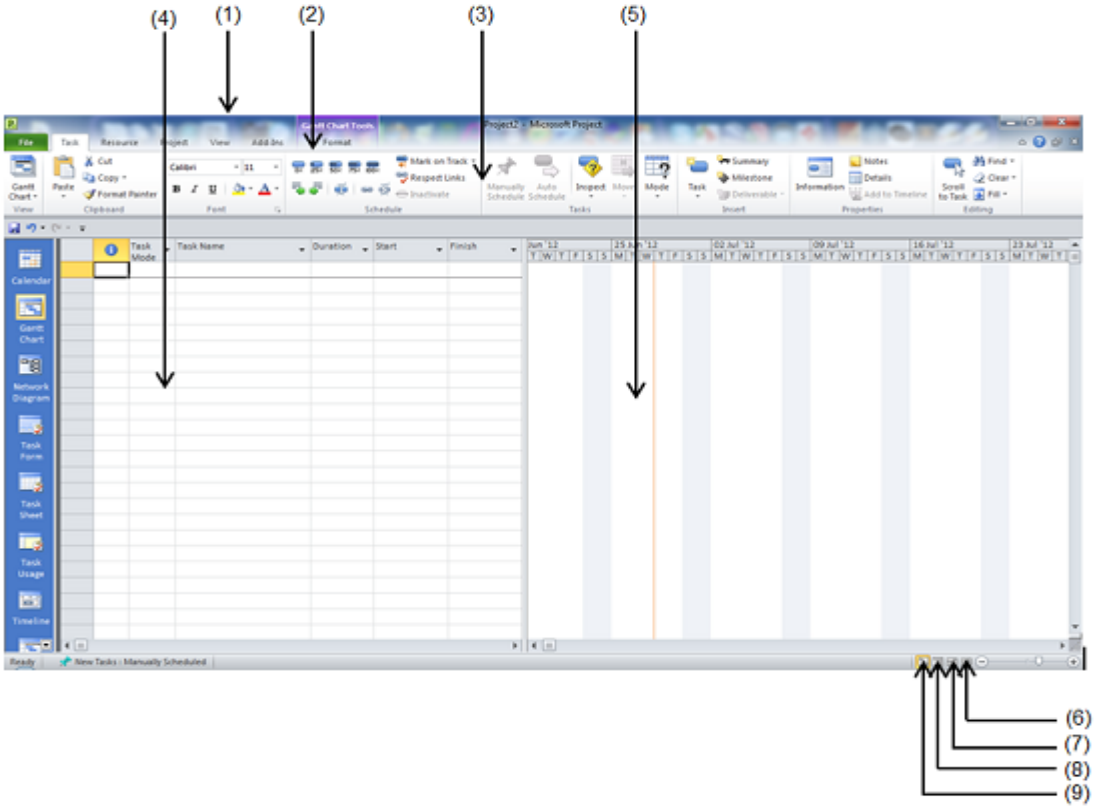
- Planification de la production

-Organisation industrielle et télécommunication

-Dans le domaine pétrolier (raffinage)

-La gestion de stock

2-2-Environnement générale du logiciel:



La fenêtre principale du MS Project2010

La version 10 du logiciel qu'on a utilisé est présentée brièvement ci-dessus. L'écran de MS Project comprend différentes parties, à savoir:

1-La barre de titre qui affiche le nom du logiciel et le nom du projet

2-la barre de menu qui affiche les principales commandes du logiciel

3-barre d 'outil

4-La zone de travail du projet

5-La zone d'affichage du diagramme de Gantt

6-Le tableau des ressources

7-Planificateur d'équipe

8-l'utilisation des taches

9-diagramme de Gantt

2-3-les différentes fonctionnalités de base du logiciel MS Project 2010

A-le bandeau de démarrage:

MS Project est structuré auteur d'un bandeau dans lequel nous utilisons que 5 onglets:

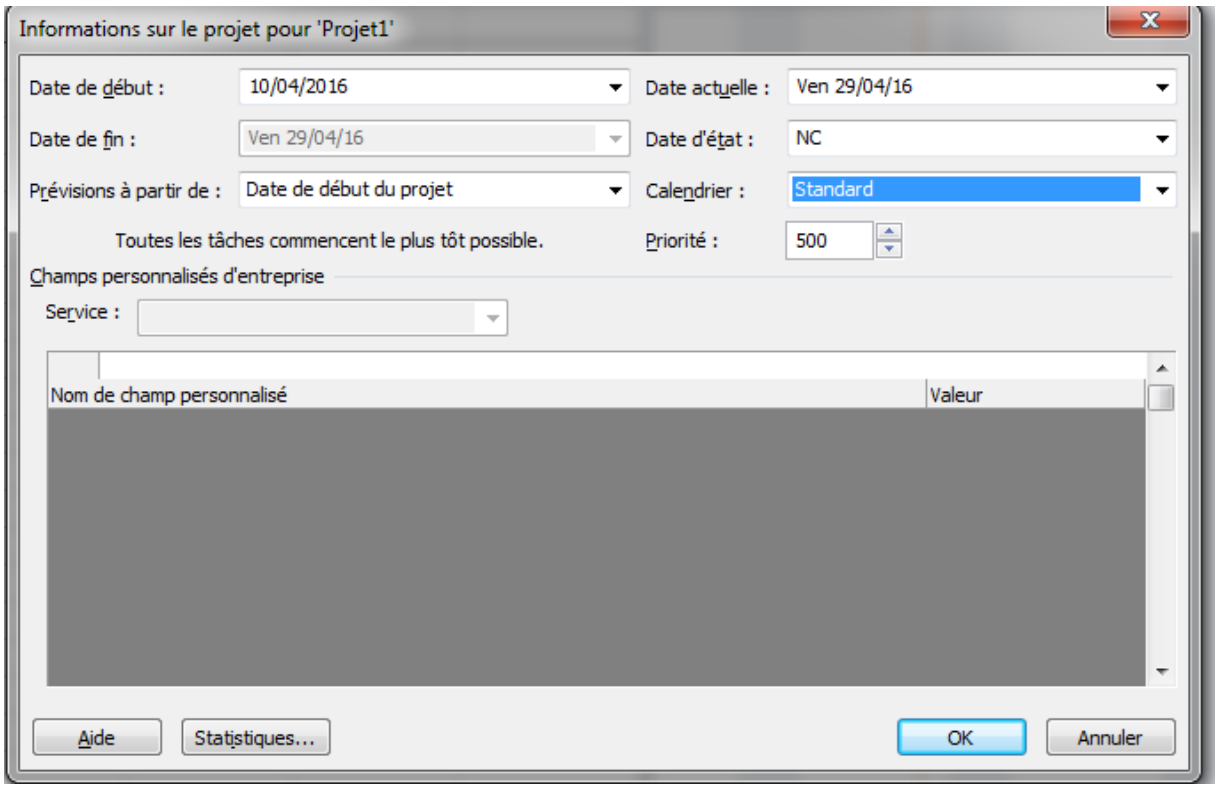
- **Fichier:**l'**onglet**classique pour enregistrer, imprimé...
- **Tache:** va permettre de travailler sur les différentes taches du produit
- **Ressource:** va permettre de créer les ressources et de les organiser
- **Projet:** va permettre de définir le projet
- **Affichage:** pour gérer les paramètres d'affichage du logiciel

B-**la mise en place d'un projet:**

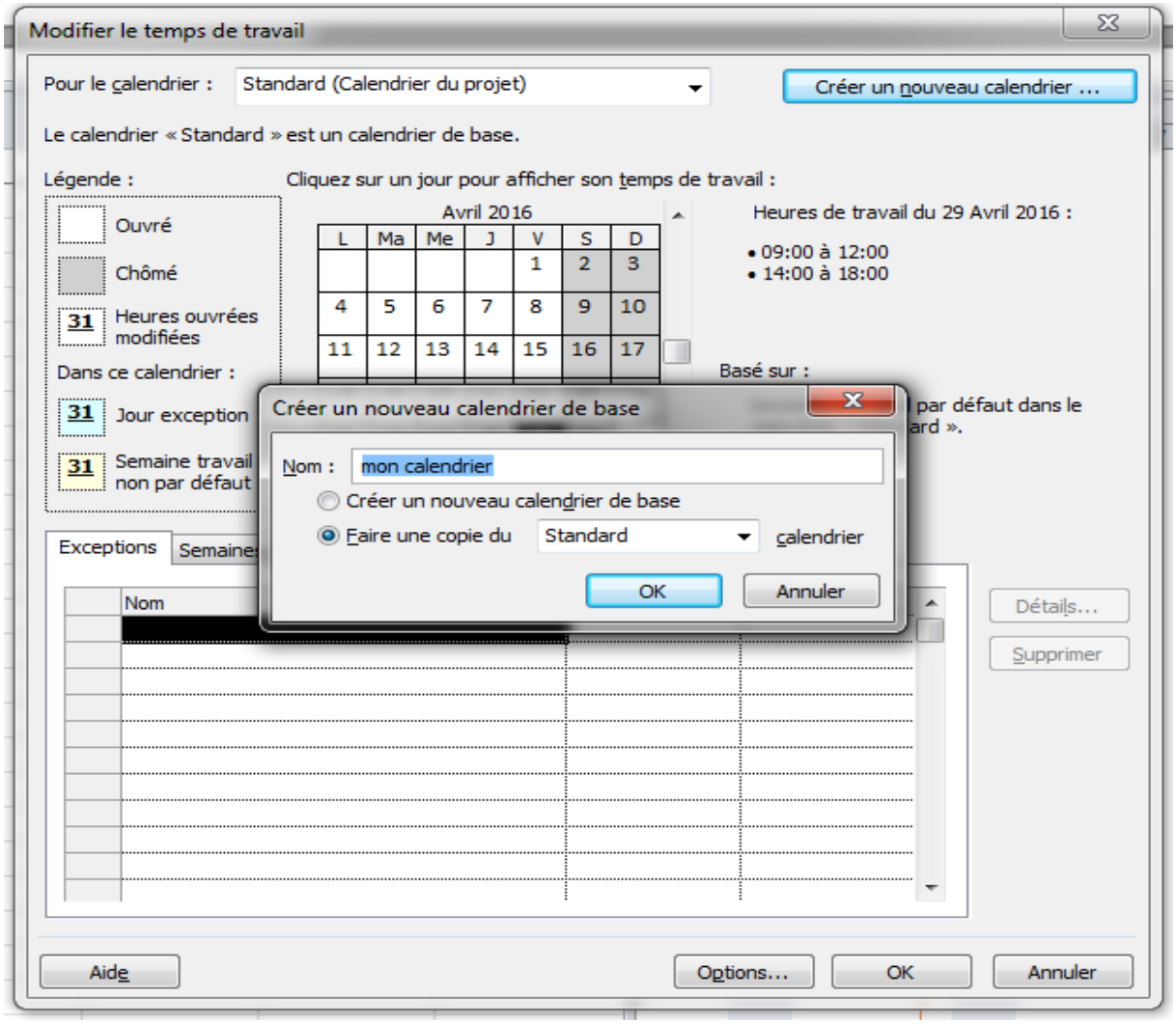
Les préparations d'un projet sont les suivants:

-Les informations générales sur le projet:

La zone de dialogue "information sur le projet "du menu option permet de saisir des informations générales concernant le projet fabrication d'un moyen de production "moule injection plastique domino".



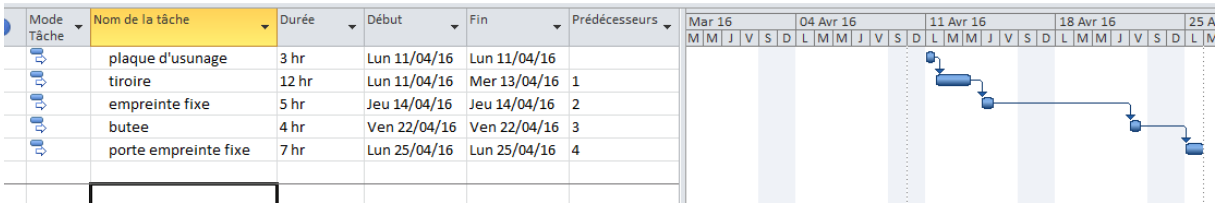
.la création d’un nouveau projet nécessite la mise en place d'un calendrier pour ce projet. C'est une étape fondamentale, qui conditionne la durée totale du projet.



-Etablir la liste des taches, durées et les conditions d'antériorités:

On va rentrer ces tâches dans le logiciel via l'onglet "tâche", chaque ligne correspond à une tache qui porte un numéro, un nom, une durée. Concernant la durée il est possible d'indiquer des minutes (1min), desheures (1h), desjours (pas besoin de le préciser, c'est ce qui fait par défaut) et des semaines (1sm)

Exemple:

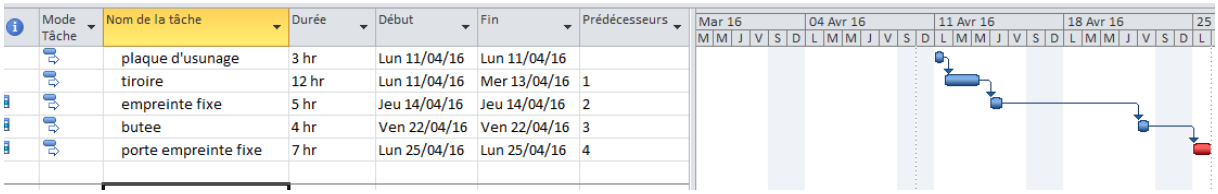


Mode Tâche	Nom de la tâche	Durée	Début	Fin	Prédécesseurs
	plaque d'usunage	3 hr	Lun 11/04/16	Lun 11/04/16	
	tiroire	12 hr	Lun 11/04/16	Mer 13/04/16	1
	empreinte fixe	5 hr	Jeu 14/04/16	Jeu 14/04/16	2
	butee	4 hr	Ven 22/04/16	Ven 22/04/16	3
	porte empreinte fixe	7 hr	Lun 25/04/16	Lun 25/04/16	4

-diagramme de Gantt et visualisation du chemin critique du projet:

MS Project permet de visualiser rapidement le chemin critique du projet via l'ongle "format" en cochant "tâches critiques". Les tâches du chemin critique apparaissent en rouge

Exemple:



Mode Tâche	Nom de la tâche	Durée	Début	Fin	Prédécesseurs
	plaque d'usunage	3 hr	Lun 11/04/16	Lun 11/04/16	
	tiroire	12 hr	Lun 11/04/16	Mer 13/04/16	1
	empreinte fixe	5 hr	Jeu 14/04/16	Jeu 14/04/16	2
	butee	4 hr	Ven 22/04/16	Ven 22/04/16	3
	porte empreinte fixe	7 hr	Lun 25/04/16	Lun 25/04/16	4

3-Ordonnancement des taches de gestion de notre projet:

Le projet est un ensemble des activités se succédant et ayant pour le but de la réalisation d'un objectif bien déterminé. Un projet passe par plusieurs phases appelées "le cycle de vie du projet" la conception, planification et la réalisation.il existe plusieurs logiciel de la planification et le pilotage des projets, on s'intéresse au logiciel MS Project pour insérer notre tâche, gérer les ressource et analyser les données des projets.

3-1-la description de notre projet:

Notre projet consiste à faire un planning des activités qui intervienne pour la conception et réalisation de différentespièces pour la fabrication d'un moyen de production "moule injection plastique" qui compose de la partie mobile (inferieur) et la partie fixe (supérieur).L'atelier de fabrication mécanique, formé de machines toutes différentes qui sont destiné à fabriquer des piècesil même se décompose en divers taches et ce travail nécessite des ressources machines et matière première et la mise en ordre des taches selon les règlesprécises du programme d'exécution.

Des questions se posent à propos de la conception puis la gestion d'un atelier sur les types de machines et leurs caractéristiques liées au produit à fabriquer et comment gérer la fabrication des pièces dans l'atelier compte tenu:

- Des capacités, de l'organisation, et des caractéristiques de l 'atelier

-Des ressources disponibles en matière première

-Des gammes d'usinage des pièces considérées

-Le temps d'usinage des pièces

- **Etablir les délais :**

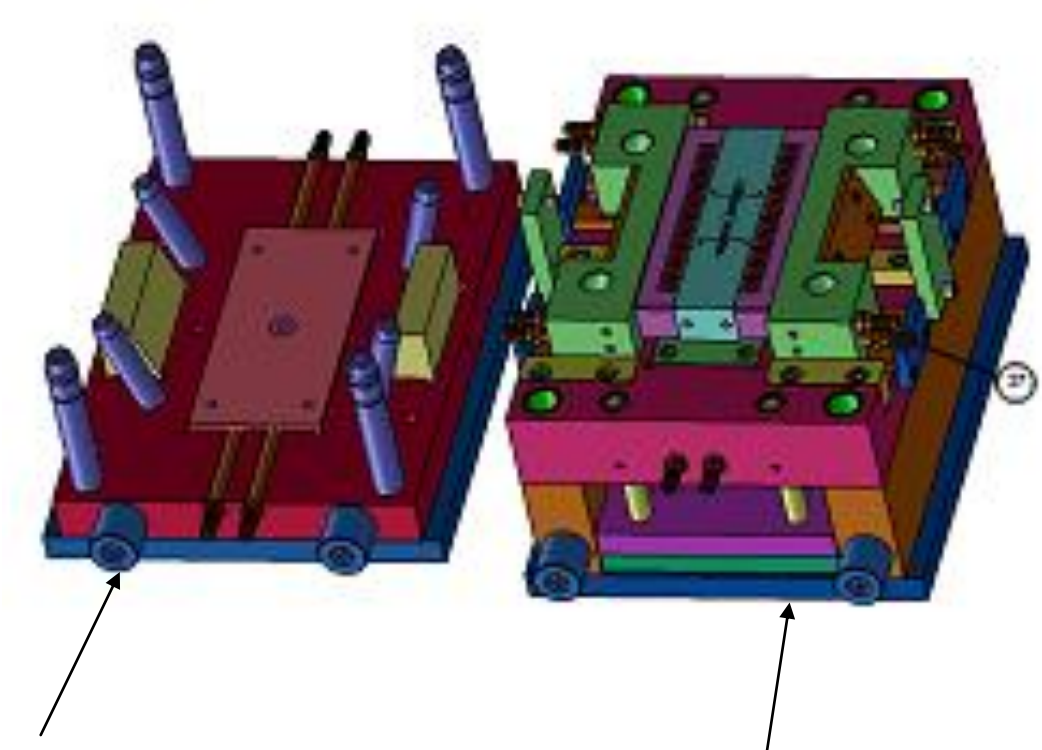
-Date de début de projet : 10/04/2016

-Date de fin de projet : 10/06/2016

-Les jours ouvrables : 22 jours/par mois.

- **La présentation du moule d'injection plastique "DOMINO"**

Un moule d'injection plastique est un moyen de production ou d'industrialisation d'un produit pour le concevoir et le réaliser il faut d'abord; définir le produit à industrialiser. Et pour le DOMINO on peut le définir comme une pièce qui sert à relie ou distribuer le courant électrique utiliser généralement dans électricité bâtiment.



Partie fixe (supérieur) **partie mobile (inferieur)**

3-2- les étapes de la réalisation de notre projet:

A-Etude préalable du projet:

Avant d'entamer la réalisation d'un planning prévisionnel du projet "de fabrication d'un moyen de production", il est nécessaire d'établir une étude préalable. Le but de cette étude est de concevoir et spécifier l'ensemble des informations nécessaires(les taches, leur durées, leur enchainements et leur ressources) pour l'établissement de ce planning, elle consiste à:

- **Découpage du projet et définir la liste des taches:**

Il s'agit de dresser la liste des tâches à réaliser, de décomposer de façon structuré et précise le projet en taches, de manière à visualiser l'ensemble du projet:

Notre projet est décomposé comme suit:

N°de la tache	Les tâches
1	Porte empreinte
2	Bague de guidage
3	Empreinte mobile
4	insert
5	bague d'usure
6	plaque de serrage
7	tasseau
8	bague de guidage plaque électrice
9	plaque électrice
10	colonne de guidage batterie
11	Colonne deguidagedivetesseur
12	Ejecteur carotte
13	Contre plaque électrice
14	Butée d'éjection
15	semelle
16	plaque d'usure tiroir
17	Empreinte
18	Porte tiroir
19	Plaque d'usure
20	Tétine
21	butée
22	pied
23	divetisseur
24	glissière
25	Porte empreinte supérieur
26	empreinte
27	colonne de guidage
28	doit de démoulage
29	semelle supérieur
30	sabot
31	buse d'injection
32	couronne de centrage
33	tétine
34	pied
35	Plaque de sécurité
36	Insert D8
37	Insert D6

- **Définir l'enchainement logique des tâches et leurs durées:**

Après établissement la liste des tâches, il est nécessaire de définir pour chaque tâche, toutes les taches prédécesseur, c'est à dire toutes les tâches qu'il faut réaliser en amont, avant de pouvoir réaliser une tâche donnée, et estimer la durée de réalisation de chaque tache.

- **Définir les relations d'antériorités entre les tâches :**

La partie mobile (inférieur)				La partie fixe (supérieur)			
N°dela tâche	Désignation de la tâche	Durée estimée(h)	Prédécesseur	N° de la tache	Désignation de la tâche	Durée estimée(h)	Prédécesseur
1	Porte empreinte inferieur	73 h	-	25	Porte empreinte supérieur	41 h	-
2	Bague de guidage	8 h	1	26	empreinte supérieur	12 h	25
3	Empreinte inferieur	22 h	1	27	colonne de guidage	11 h	25
4	Insert	88 h	6	28	doit de démoulage	11 h	25
5	Bague d'usure	8 h	1	29	semelle supérieur	8h	25
6	Plaque de serrage	9 h	1	30	sabot	3 h	25
7	tasseau	9h	1	31	buse d'injection	13 h	25
8	bague de guidage plaque ejectrice	10 h	1	32	couronne de centrage	6 h	29
9	plaque ejectrice	8 h	8 et 5	33	tétine	8 h	26
				34	pied	2.5 h	25
10	colonne de guidage batterie	10 h	9	35	plaque de sécurité l	4 h	1 et25
11	colonne de guidage	11h	9				

	divetisseur						
12	éjecteur carotte	6 h	9				
13	contre plaque électrice	2 h	9				
14	butée d'éjection	7 h	13				
15	semelle inferieur	8 h	7				
16	plaque d'usure tiroir	6 h	18				
17	empreinte	23 h	18				
18	tiroir	23 h	24				
19	plaque d'usure	6 h	1				
20	bouchon	4 h	18				
21	butée	7 h	1				
22	pied	2.5 h	7				
23	divetisseur	31 h	3 et 11				
24	glissière droit gauche	16 h	1				
36	insert D8	42h	17				
37	insert D6	21 h	17				

- **définir et attribuer les besoins de notre projet:**

-Matière première utilise durant le processus de fabrication: l'acier Z 200/C12, bronze, cuivre, l'acier X19, l'acier XC 48, l'acier ST 37 ordinaire.

-Atelier de production: machines d'usinage;

-Ressources humaine;

Les machines	N° machine	L'effectif
Pointeuse	771102	1
Fraiseuses conventionnel	771091, 771092,771093, 771107, 771109, 779005, 779006, 779007,779008	4
Fraiseuses microsemi-automatique	921001, 921002	1
	921003	1
Fraiseuse à commande numérique	891016	1
Rebot fil	911217	1
Rebot forme	771085, 771101, 771128, 771129,771181, 779001, 779002, 779012, 901026, 90102	2
Tour	901027	1
Tour numérique	771094, 771095, 771110, 771111, 771112, 771133, 779009	2
Rectifieuse	771090	1
Mortaiseuse	771176, 771177	1
Tramp	771105, 771106, 771087	1
Perceuse	771127	1
raboteuse	7711113, 771114, 771116, 771117, 7771118, 771120, 771121,771122	1
affuteuse		

4-utilisation de MS Project 2010 pour l'ordonnancement des taches de gestion de notre projet

4-1-La gestion des ressources :

•Tableaux des ressources :

Des ressources matérielles des machines

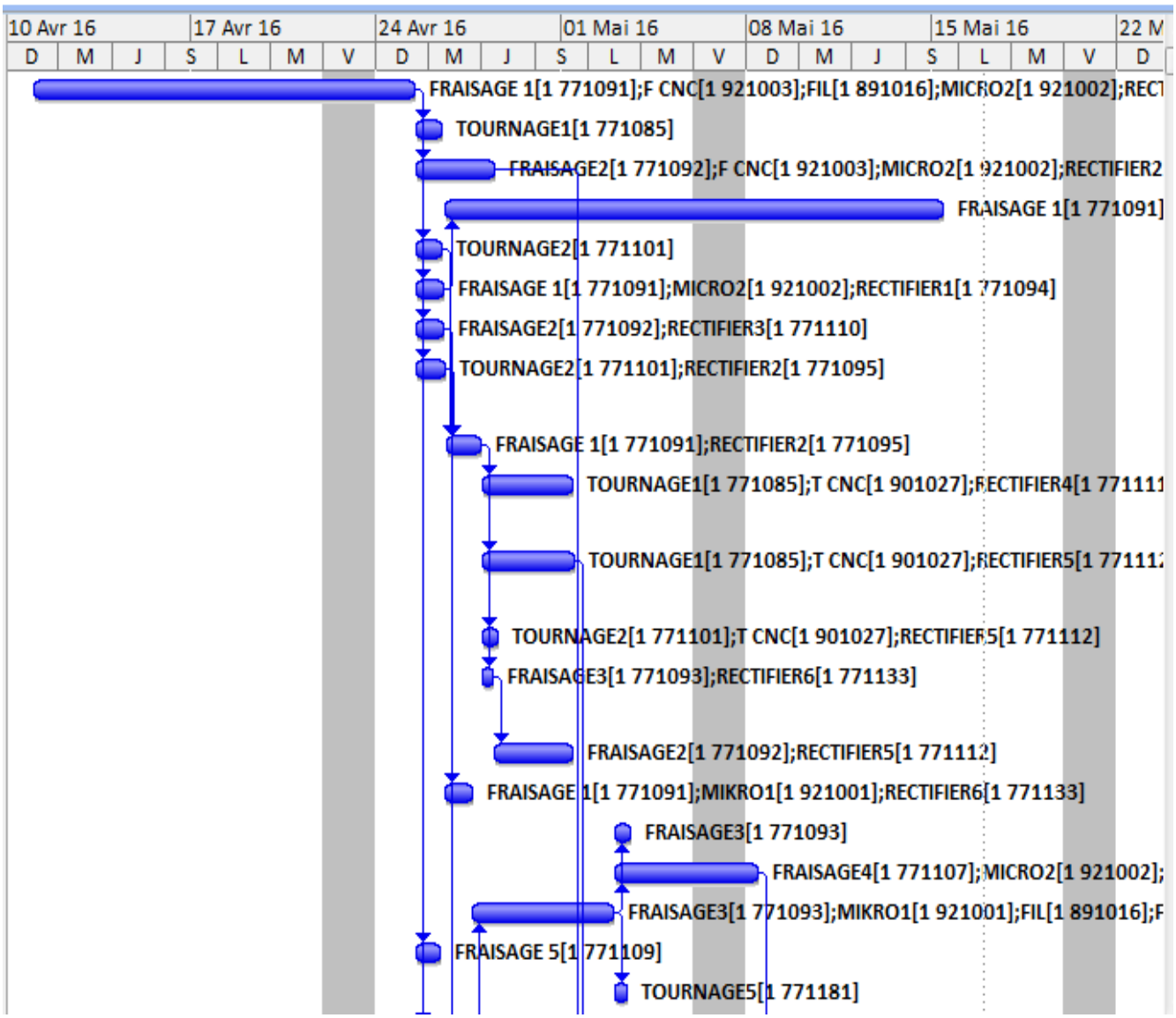
	Nom de la ressource	Type	Étiquette Matériel	Initiales
1	pointage	Matériel	771102	
2	FRAISAGE 1	Matériel	771091	F
3	FRAISAGE2	Matériel	771092	F
4	FRAISAGE3	Matériel	771093	F
5	FRAISAGE4	Matériel	771107	F
6	FRAISAGE 5	Matériel	771109	F
7	FRAISAGE6	Matériel	779005	F
8	FRAISAGE7	Matériel	779006	F
9	FRAISAGE8	Matériel	779007	F
10	FRAISAGE9	Matériel	779008	F
11	FRAISAGE10	Matériel	971001	F
12	MIKRO1	Matériel	921001	M
13	MICRO2	Matériel	921002	M
14	F CNC	Matériel	921003	F
15	FIL	Matériel	891016	F
16	FORM	Matériel	911217	F
17	TOURNAGE1	Matériel	771085	T
18	TOURNAGE2	Matériel	771101	T
19	TOURNAGE3	Matériel	771128	T
20	TOURNAGE4	Matériel	771129	T
21	TOURNAGE5	Matériel	771181	T
22	TOURNAGE6	Matériel	779001	T
23	TOURNAGE7	Matériel	779002	T

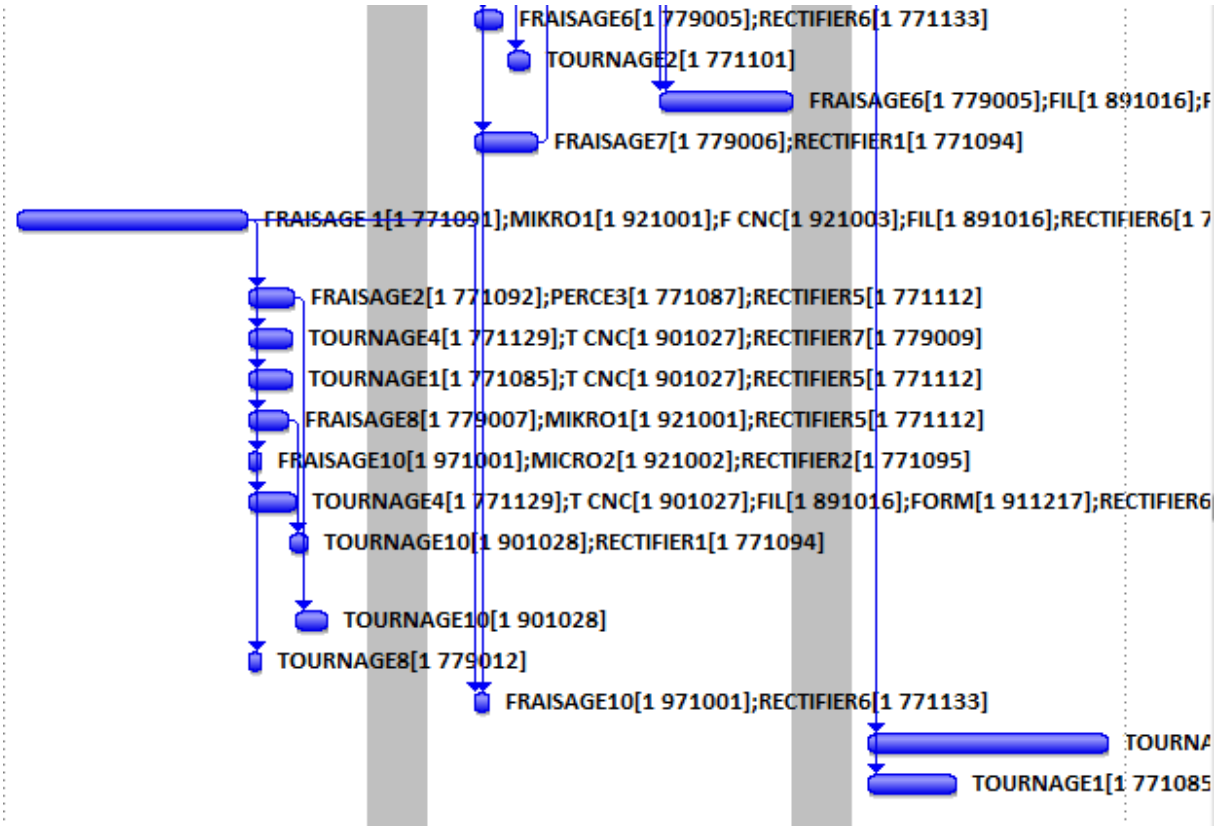
	Nom de la ressource	Type	Étiquette Matériel	Initiales
24	TOURNAGE8	Matériel	779012	T
25	TOURNAGE9	Matériel	901026	T
26	TOURNAGE10	Matériel	901028	T
27	T CNC	Matériel	901027	T
28	RECTIFIER1	Matériel	771094	R
29	RECTIFIER2	Matériel	771095	R
30	RECTIFIER3	Matériel	771110	R
31	RECTIFIER4	Matériel	771111	R
32	RECTIFIER5	Matériel	771112	R
33	RECTIFIER6	Matériel	771133	R
34	RECTIFIER7	Matériel	779009	R
35	MORT	Matériel	771090	M
36	FOURS1	Matériel	771176	F
37	FOURS2	Matériel	771177	F
38	PERCE1	Matériel	771105	P
39	PERCE2	Matériel	771106	P
40	PERCE3	Matériel	771087	P
41	RABOT	Matériel	771127	R
42	AFFUTEUSES1	Matériel	771113	A
43	AFFUTTEUSE2	Matériel	771114	A
44	AFFUTEUSE3	Matériel	771116	A
45	AFFUTEUSE4	Matériel	771117	A
46	AFFUTEUSE5	Matériel	771118	A

•Affecter les ressources à une taches :

Une fois les ressources créées, on peut les affecter aux tâches dans le diagramme de Gantt.

4-2-Diagramme de GANTT :



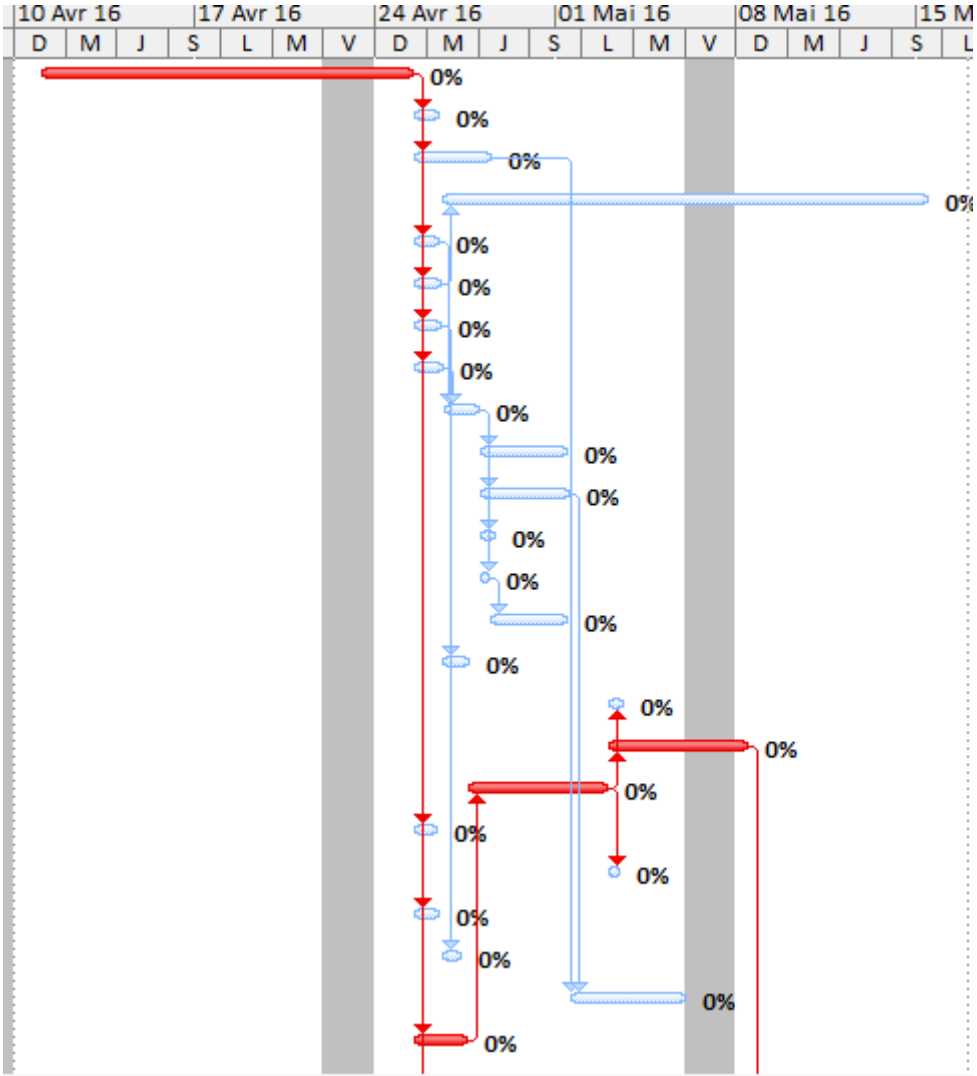


4-3-Interface des tâches :

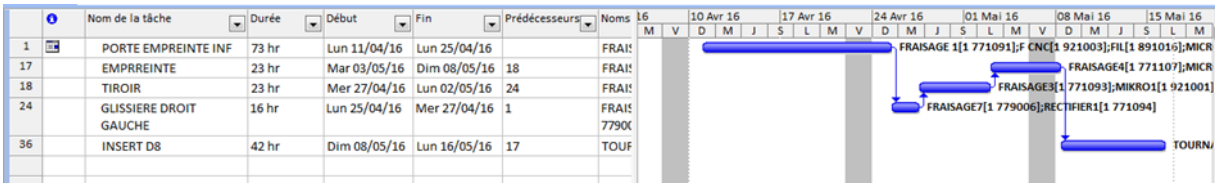
	Nom de la tâche	Durée	Début	Fin	Prédécesseurs	Noms ressources	A
1	PORTE EMPREINTE INF	73 hr	Lun 11/04/16	Lun 25/04/16		FRAISAGE 1[1 7710	
2	BAGUE DE GUIDAGE	8 hr	Lun 25/04/16	Mar 26/04/16	1	TOURNAGE1[1 771(	
3	EMPREINTE INFERIEUR	22 hr	Lun 25/04/16	Jeu 28/04/16	1	FRAISAGE2[1 77109	
4	INSERT	88 hr	Mar 26/04/16	Dim 15/05/16	6	FRAISAGE 1[1 7710	
5	BAGUE D'usure	8 hr	Lun 25/04/16	Mar 26/04/16	1	TOURNAGE2[1 7711	
6	PLAQUE DE SERRAGE	9 hr	Lun 25/04/16	Mar 26/04/16	1	FRAISAGE 1[1 7710	
7	TASSEAU	9 hr	Lun 25/04/16	Mar 26/04/16	1	FRAISAGE2[1 77109	
8	BAGUE DE GUIDAGE PLAQUE EJECTRICE	10 hr	Lun 25/04/16	Mar 26/04/16	1	TOURNAGE2[1 771101];RECTIFIER2	
9	PLAQUE EJECTRICE	8 hr	Mar 26/04/16	Mer 27/04/16	8;5	FRAISAGE 1[1 7710	
10	COLONNE DE GUIDAGE BATTERIE	10 hr	Jeu 28/04/16	Dim 01/05/16	9	TOURNAGE1[1 771085];T CNC[1	
11	COLONNE DE GUIDAGE DIVETISSEUR	11 hr	Jeu 28/04/16	Dim 01/05/16	9	TOURNAGE1[1 771085];T CNC[1	
12	EJECTEUR CAROTTE	6 hr	Jeu 28/04/16	Jeu 28/04/16	9	TOURNAGE2[1 7711	
13	CONTRE PLAQUE EJECTRICE	2 hr	Jeu 28/04/16	Jeu 28/04/16	9	FRAISAGE3[1 771093];RECTIFIER6	
14	BUTEE D'EJECTION	7 hr	Jeu 28/04/16	Dim 01/05/16	13	FRAISAGE2[1 77109	
15	SEMELLE INFERIEUR	8 hr	Mar 26/04/16	Mer 27/04/16	7	FRAISAGE 1[1 7710	
16	plaque d'usure tiroire	6 hr	Mar 03/05/16	Mar 03/05/16	18	FRAISAGE3[1 77109	
17	EMPRREINTE	23 hr	Mar 03/05/16	Dim 08/05/16	18	FRAISAGE4[1 77110	
18	TIROIR	23 hr	Mer 27/04/16	Lun 02/05/16	24	FRAISAGE3[1 77109	
19	PLAQUE D' usure	6 hr	Lun 25/04/16	Mar 26/04/16	1	FRAISAGE 5[1 7711(	
20	BOUCHON	4 hr	Mar 03/05/16	Mar 03/05/16	18	TOURNAGE5[1 7711	

	Nom de la tâche	Durée	Début	Fin	Prédécesseurs	Noms ressources
21	BUTEE	7 hr	Lun 25/04/16	Mar 26/04/16	1	FRAISAGE6[1 77900
22	PIED	2,5 hr	Mar 26/04/16	Mer 27/04/16	7	TOURNAGE2[1 7711
23	DIVETISSEUR	31 hr	Dim 01/05/16	Jeu 05/05/16	3;11	FRAISAGE6[1 77900
24	GLISSIERE DROIT GAUCHE	16 hr	Lun 25/04/16	Mer 27/04/16	1	FRAISAGE7[1 779006];RECTIFIER1
25	PORT EMPREINTE SUPERIEUR	41 hr	Dim 10/04/16	Dim 17/04/16		FRAISAGE 1[1 771091];MIKRO1[1
26	EMPREINTE SUPERIEUR	12 hr	Lun 18/04/16	Mar 19/04/16	25	FRAISAGE2[1 77109
27	COLONNE DE GUIDAGE	11 hr	Lun 18/04/16	Mar 19/04/16	25	TOURNAGE4[1 7711
28	DOIT DE DéMOULAGE	11 hr	Lun 18/04/16	Mar 19/04/16	25	TOURNAGE1[1 7710
29	SEMELLE SUPERIEUR	8 hr	Lun 18/04/16	Mar 19/04/16	25	FRAISAGE8[1 77900
30	SABOT	3 hr	Lun 18/04/16	Lun 18/04/16	25	FRAISAGE10[1 9710
31	BUSE D'INJECTION	13 hr	Lun 18/04/16	Mar 19/04/16	25	TOURNAGE4[1 7711
32	COURONNE DE CENTRAGE	6 hr	Mar 19/04/16	Mar 19/04/16	29	TOURNAGE10[1 901028];RECTIFIER1
33	TéTINE	8 hr	Mar 19/04/16	Mer 20/04/16	26	TOURNAGE10[1 901
34	PIED	2,5 hr	Lun 18/04/16	Lun 18/04/16	25	TOURNAGE8[1 7790
35	PLAQUE DE SECURITE	4 hr	Lun 25/04/16	Lun 25/04/16	1;25	FRAISAGE10[1 9710
36	INSERT D8	42 hr	Dim 08/05/16	Lun 16/05/16	17	TOURNAGE5[1 7711
37	INSER D6	21 hr	Dim 08/05/16	Mer 11/05/16	17	TOURNAGE1[1 7710

4-4-Visualisation des tâches et chemin critique



Les tâches critiques sont dans l'ordre suivant :



	Nom de la tâche	Durée	Début	Fin	Prédécesseurs	Noms
1	PORTE EMPREINTE INF	73 hr	Lun 11/04/16	Lun 25/04/16		FRAIS
17	EMPREINTE	23 hr	Mar 03/05/16	Dim 08/05/16	18	FRAIS
18	TIROIR	23 hr	Mer 27/04/16	Lun 02/05/16	24	FRAIS
24	GLISSIERE DROIT GAUCHE	16 hr	Lun 25/04/16	Mer 27/04/16	1	FRAIS 7790
36	INSERT D8	42 hr	Dim 08/05/16	Lun 16/05/16	17	TOUF

Chemin critique : 1→24→18→17→36

4-5-Comparaison des résultats obtenue avec le rapport de production :

- Date du début du projet: 10/04/2016;
- Date de fin du projet: 16/05/2016.

Dates estimés par l'atelier de fabrication:

- Date de début: 10/04/2016;
- Date de fin du projet:10/06/2016

En comparant les résultats obtenus par rapport à l'estimation de l'atelier, il ressort nettement un gain très appréciable de l'ordre de 37 jours sur un projet d'une durée de vie de 60 jours.

On a donc réussi à minimiser la durée d'usinage des pièces de 23 jours.

4-6-Récaptitulatif du projet :

Dates			
Début :	Dim 10/04/16	Fin :	Lun 16/05/16
Début planifié :	NC	Fin planifiée :	NC
Début réel :	NC	Fin réelle :	NC
Variation de début :	0 hr	Variation de fin :	0 hr

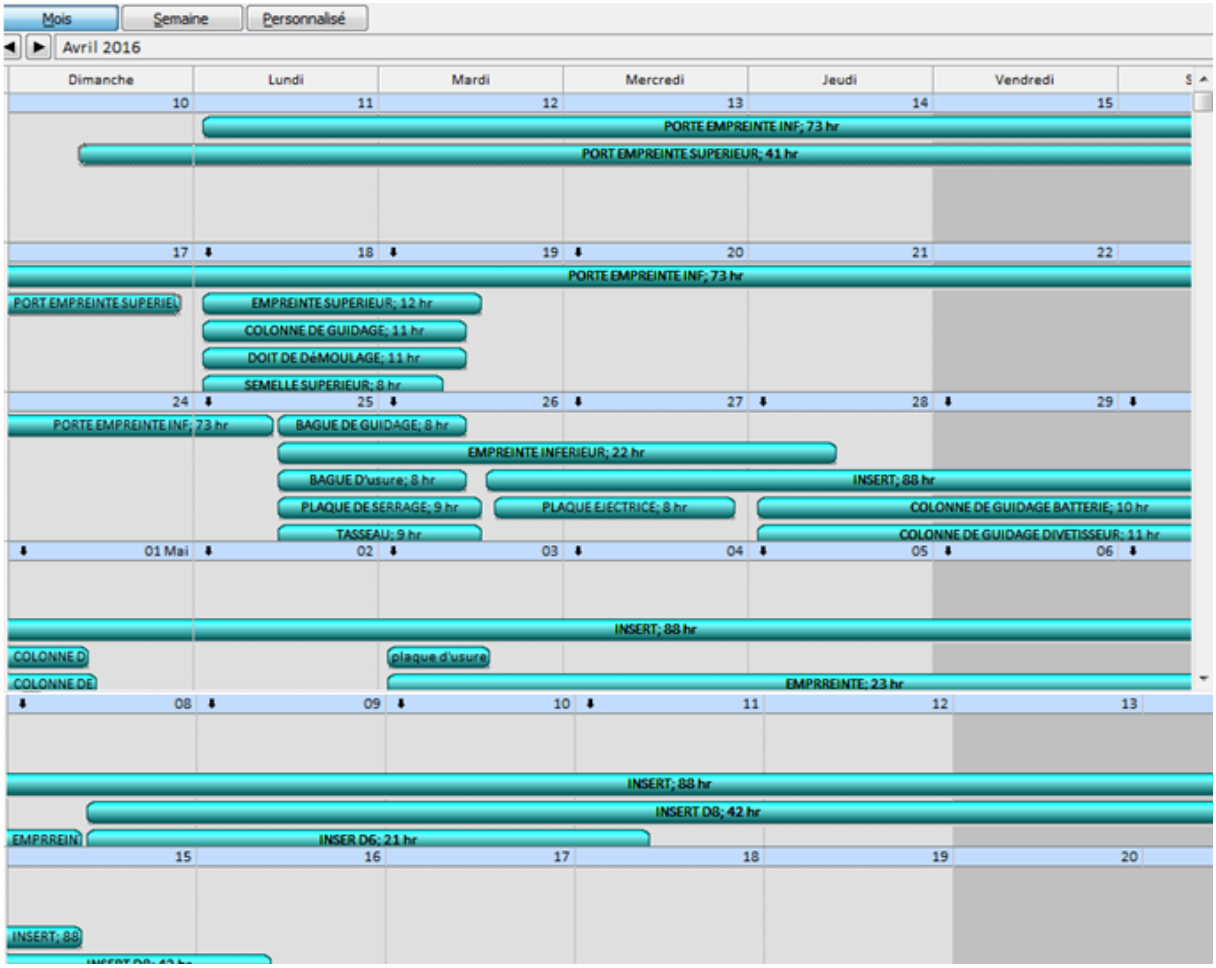
Durée			
Prévu :	183 hr	Restant :	183 hr
Planifié :	0 hr	Réalisé :	0 hr
Variation :	183 hr	% achevé :	0%

Travail			
Prévu :	0 hr	Restant :	0 hr
Planifié :	0 hr	Réel :	0 hr
Variation :	0 hr	% achevé :	0%

Coûts			
Planifié :	0,00 DZD	Restant :	0,00 DZD
Planifié :	0,00 DZD	Réel :	0,00 DZD
Variation :	0,00 DZD		

État des tâches		État des ressources	
Tâches non commencées :	37	Ressources de travail :	0
Tâches en cours de réalisation :	0	Ressources de travail surutilisées :	0
Tâches achevées :	0	Ressources matérielles :	49
Nombre total des tâches :	37	Nombre total des ressources :	49

4-7- Le calendrier du projet



Conclusion de cas pratique :

Notre travail, consistant en l'utilisation du logiciel MS-Project dans une unité de fabrication, a montré la pertinence de l'utilisation de la technique d'ordonnancement dans la gestion, dans la mesure où ceci contribue à améliorer la rentabilité.

Conclusion générale

En guise de conclusion, nous pouvons dire en définitive que malgré les résultats obtenus le sujet reste fertile et nécessite une analyse plus profonde, ceci sera possible dans un travail de recherche plus poussé. Le gestionnaire de projets confronté à des obstacles d'ordres organisationnels recours souvent à une gestion dynamique, laquelle relève plus de l'intuition.

Ainsi nous avons essaye tout au long de notre travail d'apporter une meilleur solution à l'unité prestation technique de l'entreprise ENIEM.

Nous avons utilisé le logiciel MS Project, qui constitue un bon outil de gestion et de prévision.

La démarche adoptée a montré les lacunes technique tel que:

La politique de la direction qui fixe des objectifs non adaptable avec le terrain qui induit du manque de perspective pertinente comme le stockage des pièces qui assure une stabilité entre les atelier de production et de montage.

Un plan d'ordonnancement améliorable qui met en avant les tâches critiques.

Notre contribution a permis de ramenée la durée de réalisation de la pièce en question de 60 jours à 37 jours.

Bibliographique

1-Patrick Esquirol et pierre lopez, l'ordonnancement,49 rue Héricart, 75015 paris, Edition Economica1999.

2-Jean Lissarrague, introduction aux techniques d'ordonnancement des projets, qu'est-ce que le PERT, Dunod entreprise, première Edition 1971, deuxième Edition 1981.

3-A. BTTERSBY, méthode moderne d'ordonnancement graphe et chemin critique, paris, DUNOD 1967.

4-JEAN Charles billant, Aziz Moukrim, flexibilite et robustesse en ordonnancement, Lavoisier,2005.

5-Nadia BELHARRAT, la theorie des graphes , pages bleus internationnales, juillet 2005.

6-Robert FAURE, Catherine ROUCAIROL, Pierre TOLLA , chemins et flots, ordonnancements, BORDAS, Paris, 1976.

8-KASDI kamel, les problèmes d'ordonnancement ON-LINE, mémoire de magister,2001.