

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la
Recherche Scientifique



Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou



Faculté des Sciences

Département de Mathématiques

Mémoire de fin de cycle

En vue de l'obtention du Diplôme de Master

En Recherche Opérationnelle

Méthode Aide à la Décision

THEME

Planification et optimisation du projet

Cas :

Réalisation d'une station terminale de départ, GAZODUC GR5

Au sein du groupement SAIPEM

Présenté par :

Mr: KHADIR Faredj

Mr :KEBIRI Rabah

Invité

Mr.B Karim. (SAIPEM)

Membres du jury :

Président : Mme.Rabia Fatima M.C.A.

Examineur : Mr. Aouane Mohouhand M.A.A

Rapporteur : CHEBBAH Mohammed M.A.A

Promotion : Juin 2014

Remerciements

D'abord nous remercions le bon Dieu de nous avoir donné la sante, le courage et la foie

Pour réaliser ce travail avec beaucoup de volonté.

Tous nos vifs remerciements; nos profondes reconnaissances s'adressent à notre promoteur Mr CHEBBAH Mohammed à qui nous tenons témoigner notre sincère gratitude de nous avoir confié ce sujet intéressant ainsi que Mr B.Karim notre encadreur au sein du groupement SAIPEM, pour leurs conseils et aide pour accomplir ce présent travail.

Que Monsieur ; Madame le/la président(e) et Messieurs les membres du jury trouvent ici l'expression de notre gratitude et respect de nous avoir fait l'honneur d'examiner et juger notre travail.

Nous remercions nos très chers parents pour leurs soutiens et leurs encouragements durant notre cycle d'étude.

En fin, merci à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à ce mémoire, du point de vue scientifique ou administratif et on dédié ce modeste travail à :

Nos chers parents.

Nos frères et sœurs.

Nos belles familles et nos fiancées.

Table des matières

Introduction générale.....	1
Chapitre 1: Présentation du groupement SAIPEM et la problématique	
1.1. Présentation du groupement SAIPEM.....	3
1.1.1 Historique.....	3
1.1.2 Organigramme du SAIPEM (Algérie).....	4
1.1.3 Domaines d'activités	5
1.1.4 Les titre de forages enregistrés par SAIPEM.....	6
1.2. Généralités et définitions.....	7
1.2.1 Transport par canalisation.....	7
1.2.1.1 Gaz naturel.....	7
1.2.1.2 Gazoduc.....	8
1.2.1.3 Les terminaux.....	8
1.2.2 Projet.....	9
1.2.2.1 Tache.....	9
1.2.2.2 Jalon.....	9
1.2.2.3 Ressources.....	9
1.2.2.4 Le triangle du projet.....	9
1.2.2.5 La gestion de projet.....	11
1.2.2.6 Les étapes de la gestion des projets.....	11
1.2.2.7 Cycle de vie d'un projet	12
1.3. La problématique.....	12
1.3.1 Présentation générale du projet GAZODUC GR5.....	12
1.3.2 Objectif du projet.....	14
1.3.3 Consistance Globale du STC GR5.....	14
1.3.4 Étude préalable du projet GR5.....	15
1.3.4.1 Découpage du projet.....	16
1.3.4.2 Estimation de la durée de chaque tache.....	16
1.3.4.3 Enchaînement des taches.....	17
1.3.4.4 Visualisation du coût total de projet.....	17
1. Coût fixe (Estimé par des ingénieurs d'études).....	18
2. Coût variable.....	18
1.3.5 Tableau récapitulatif du coût total par tache.....	18

Table des matières

1.4. Conclusion.....	19
Chapitre 2 : Technique d’ordonnement de projet	
2.1. Introduction.....	20
2.2. Généralités sur la théorie des graphes.....	20
2.2.1 Historique.....	20
2.2.2 Définitions.....	21
2.2.2.1 Graphe.....	21
2.2.2.2 Graphe orienté et graphe non orienté.....	22
2.2.2.3 Réseau.....	23
2.2.3. La représentation matricielle d’un graphe.....	24
A) La matrice d’adjacence.....	24
B) La matrice associée.....	25
C) La matrice d’incidence aux arcs.....	25
2.2.4. Autre concepts de base.....	25
2.2.5. Modélisation du problème d’ordonnement du projet.....	26
2.2.5.1 Définition.....	26
2.2.5.2 Les méthodes d’ordonnement du projet.....	26
2.2.5.3 Méthodes de planification par réseau.....	26
1. La méthode AoA.....	26
2. La méthode PERT (Programm Evaluation and Review Technique).....	29
2.1 Origine et définition.....	29
2.2 Le but de la méthode.....	29
2.3 Le réseau PERT.....	29
2.4 Calendrier des dates au plus tôt et au plus tard, dans le réseau PERT.....	30
2.5 Analyse et identification des taches critiques.....	30
2.6 Intervalle de flottement.....	31
2.7 Les différentes marges d’une tache.....	31
A) Marge Totale.....	31
B) Marge libre.....	32
C) Marge certaine.....	32
2.8 Avantages de PERT.....	32

Table des matières

3. La méthode CPM (Critical path method).....	32
4. La méthode des antécédents (precedence diagram methode, PDM).....	33
5. La méthode des potentiels Métra (MPM).	33
5.1 Avantage et But.....	34
6. Les méthodes de planification par une échelle de temps.....	34
6.1 Diagramme de GANTT (Bar chart ou planning à barres).....	34
6.1.1 Définition.....	34
6.1.2 Réalisation.....	35
6.1.3 Intérêt du diagramme de Gantt.....	35
7. Méthode du PERL (planification d'ensemble par réseau linéaire).....	37
8. Méthode du chemin de FER.....	37
2.2.6 Conclusion.....	38
Chapitre 3: Planification par la méthode d'ordonnement de projet appliquer au Terminal de départ (PK00) du GAZODUC GR5 REGANNE - HASSI R'MEL	
3.1. Introduction	40
3.2. Consistance.....	40
3.3. Objectifs	40
3.4. Estimation de la durée des taches.....	40
3.4.1 Jugement d'expert	41
3.4.2 Estimation par analogie	41
3.4.3 Estimation paramétrique	41
3.4.4 Estimation à trois points (loi Béta).....	41
3.5. Structure de répartition du travail WBS (Working Breakdown Structure).....	42
3.6. OBS (Organisation Breakdown Structure).....	43
3.7. La matrice RACI.....	43
3.8. Tableau récapitulatif des taches ; leurs durées et leurs organisations.....	44
3.9. Répartition des taches par niveau	44
3.10. La Construction du réseau PERT	46
3.11. Calcule de l'ordonnement pour le PK00.....	47
3.11.1 Détermination des dates du début au plus tôt et au plus tard des événements ...	47
3.11.1.1 Les date au plus tôt des événements	47

Table des matières

3.11.1. 2 Les date au plus tard des événements	48
3.11.2 Le calcul des différentes marges des taches dans le réseau PERT	48
3.11.3 Mise en évidence du chemin critique sur le réseau PERT	49
3.12. Conclusion	50
Chapitre 4: Utilisation la technique de programmation linéaire avec le langage Visual Xpress	
4.1. Introduction.....	51
4.2 Généralités sur la programmation linéaire.....	51
4.2.1 Définition.....	51
4.2.2 Forme matricielle classique et quelques conversions.....	51
4.2.3 Quelques terminologies.....	53
4.2.4 La notion dualité.....	53
4.2.5 Algorithme de simplexe.....	54
4.2.6 Algorithme de simplexe (méthode pratique).....	55
4.2.7 Les éléments d'un modèle d'optimisation.....	55
4.3. Logiciel Visual Xpress (interface et langage).....	55
4.3.1 Rôle de logiciel.....	55
4.3.2 Interface du logiciel.....	56
4.3.3 Syntaxe de Visual Xpress.....	57
4.3.3.1 Un simple exemple.....	57
4.3.3.2 Structure générale du langage Visual Xpress.....	58
4.3.3.3 Les étapes d'exécution d'un programme sous logiciel Visual Xpress.....	59
4.4. Planification et optimisation du projet GR5 par la méthode de programmation linéaire	59
4.4.1 Réalisation d'un planning prévisionnel.....	59
4.4.1.1 Modélisation du problème.....	59
4.4.1.2 Programmation par langage Visual Xpress.....	60
4.4.1.3 Résultat d'exécution du programme.....	61
4.5 Conclusion.....	63
Chapitre 5: Utilisation du logiciel de planification des projets «Microsoft Project» pour le projet GR5 ; TD PK00	
5.1. Introduction.....	64
5.2. Environnement de Microsoft projet «MS-Project »	64

Table des matières

5.3. Rôle du logiciel MS-Project.....	70
5.4. Mise en place informatisée du projet TD PK0 GR5.....	70
5.4.1 Les principales étapes à suivre.....	70
5.4.2 Les résultats obtenus (logiciel).....	76
5.5. Analyse du délai.....	76
5.5.1 Une augmentation des ressources (humaines et matérielles).....	76
5.5.2 Utilisation des marges libres	76
5.6. La méthode de PERT-COST ou (PERT-coût).....	76
5.6.1 La méthodologie.....	76
5.6.2 Problèmes qui pouvant être résolus.....	77
5.6.3 Construction.....	77
5.6.4 Résultat.....	78
5.7. Conclusion.....	78
Conclusion générale.....	80

Liste des tableaux

Tableau 1.1 Les différents type de liens.....	17
Tableau 1.2 Tableau des couts.....	18
Tableau 2.1 les tâches d'un projet.....	36
Tableau 2.2 Diagramme de GANTT.....	37
Tableau 3.3 Tableau des marges.....	49
Tableau 3.2 Classement des taches par rang.....	45
Tableau 3.1 les différentes taches de TD PK00;GR5.....	44
Tableau 5.1 : Récapitulation des résultats.....	79

Liste des figures

FIG 1.1 L'organigramme de SAIPEM.....	4
FIG 1.2 Le triangle du projet.....	10
FIG 1.3 organigramme des étapes de la gestion de projet.....	11
FIG 1.4 Le cycle de vie de projet.....	12
FIG 1.5 Trace du Gazoduc GR5.....	13
FIG 1.6 Synoptique du projet GR5.....	15
FIG 2.1 Graphe identique.....	21
FIG 2.2 Graphe orienté et non orienté	22
FIG 2.3 Graphe des successeurs et de prédécesseurs.....	23
FIG 2.4 Réseau.....	24
FIG 2.5 Représentation AoA.....	27
FIG 2.6 Introduction des contraintes en plus.....	28
FIG 2.7 Introduction des contraintes de début et fin.....	28
FIG 2.8 Suppression des contraintes en plus avec des arcs fictifs.....	28
FIG 2.9 Les différentes marges d'une tâche.....	31
FIG 2.10 Représentation de la méthode des antécédents (méthode des potentiels).....	33
FIG 2.11 Représentation de la méthode PERL.....	37
FIG 2.12 Le planning chemin de FER intervention discontinue du vitrier.....	38
FIG 3.1 Distribution Bêta.....	42
FIG 3.2 Graphe des précédences par niveau.....	46
FIG 3.3 Réseau PERT du TD PK0.....	47
FIG 3.4 Mise en évidence du chemin critique sur le réseau PERT.....	49
FIG 4.1 Fenêtre principale de logiciel Visual Xpress.....	56
FIG 4.2 Résultat d'exécution du programme.....	62
FIG 4.3 Calendrier de déroulement des tâches de projet.....	62
FIG 5.1 L'interface principale de MS-Project.....	64
FIG 5.2 Le menu abrégé.....	65

Liste des figures

FIG 5.3 Taches du menu.....	66
FIG 5.4 Raccourcies des différents affichages.....	68
FIG 5.5 Options d'aide.....	69
FIG 5.6 Autre option d'aide.....	69
FIG 5.7 Création et affectation du calendrier du PK0.....	71
FIG 5.8 Saisie des taches de PK0 et diagramme de Gantt associé.....	72
FIG 5.9 Le réseau PERT, met en évidence le chemin critique.....	72
FIG 5.10 Introduction des ressources du projet PK0.....	73
FIG 5.11 Paramètre d'une ressource.....	74
FIG 5.12 Le contrôle de l'affectation des coûts.....	75
FIG 5.13 Tableau de visualisation des couts par tache.....	75
FIG 5.14 les nouveaux coûts pour les taches critiques.....	78

Introduction générale

En ce début de millénaire, la gestion de projet est reconnue comme une nécessité à la survie d'une organisation. Avec l'ampleur grandissante de la compétitivité, toutes les organisations en quête de profitabilité sont amenées à élaborer de plus en plus de produits, services et /ou des projets d'investissements nouveaux. En effet, la gestion par projets est utilisée dans bon nombre d'industries et d'organisations diverses comme: la construction et surtout dans l'industrie pétrolière...etc.

Selon Oisen (1971), la gestion de projet est une application d'un ensemble d'outils et de techniques en vue d'orienter l'utilisation des diverses ressources vers l'accomplissement d'une tâche unique, complexe et ponctuelle, sous les contraintes de temps, de cout et de qualité.

Cette définition, quoique très technique, précise la mission du gestionnaire de projet : réaliser le projet dans un délai raisonnable, à moindre cout et en une qualité acceptable. De ce fait, le pilotage d'un projet reste un travail laborieux et requiert un certain niveau d'expertise ; *N'est plus gestionnaire de projet qui veut mais qui peut*. De plus, celui qui peut doit être en mesure de cerner la notion de performance, de maîtriser les outils dans un souci permanent d'amélioration de cette performance et d'assurer une bonne gestion des ressources à l'intérieur du triangle vertueux (durée, cout, qualité).

Donc, la gestion de projet veut dire avant tout obligation de résultats. Dans cette obligation de résultats, la clé de la bonne performance se trouve dans la maîtrise des étapes et processus de réalisation du projet. Les méthodes de planifications et d'optimisations (d'accélération) de projet figurent au nombre de ces processus auxquels le gestionnaire doit recourir quotidiennement, dans sa quête d'efficience et d'efficacité, afin de répondre aux exigences et directives des parties prenantes au projet. Ceci fait de l'accélération de projet un problème de plus en plus incontournable, crucial, pertinent, actuel, objectivement posé est à résoudre.

C'est ce problème précis qui nous a conduit à nous y intéresser à travers le thème suivant :

Planification et optimisation de projet : réalisation d'une station terminal de départ du gazoduc GR5 à REGANNE au sien du groupement SAIPEM.

Introduction générale

Notre démarche instrumentale sera illustrée à l'aide d'un projet concret qui est le Gazoduc (GR05) -Reganne au sien du groupement SAIPEM ; pour démontrer l'utilisation des outils élaborés aux praticiens de la gestion de projet.

Pour atteindre cet objectif fixé, nous aborderons ce travail dans l'ordre

Suivant :

- chapitre 1: On se consacre à la présentation générale de groupement **SAIPEM**. Ainsi que la problématique du projet
- chapitre 2 : comporte les principales notions de la théorie des graphes et passons en revue les différentes méthodes du problème d'ordonnancement.
- chapitre 3 : il sera question de la modélisation du projet GR5 par les méthodes d'ordonnancement.
- chapitre 4 : on se consacre à l'utilisation de la technique de programmation linéaire avec le langage Visual express, il se compose de deux parties :
 - la première partie décrit les notions de base de la programmation linéaire.
 - la seconde partie sera consacrée à la résolution du problème par cette dernière en utilisant le langage de programmation «Visual Xpress ».
- chapitre 5: il est question de l'utilisation de l'outil informatique pour mieux planifier et optimiser le projet de **GR5**, Il s'agit du logiciel Microsoft Project (logiciel spécialisé en planification).

En conclusion, nous exposons les résultats obtenus ; et en annexe on propose une autre approche un peu plus compliquer mais vue ses résultats très fiable fait qu'on oubli cette difficulté une de c'est principale limite c'est l'inexistence d'un support informatique pour prendre en charge cette approche MOLIP ; ce qui offre une avenue pour des recherche futures.

Introduction générale

En ce début de millénaire, la gestion de projet est reconnue comme une nécessité à la survie d'une organisation. Avec l'ampleur grandissante de la compétitivité, toutes les organisations en quête de profitabilité sont amenées à élaborer de plus en plus de produits, services et /ou des projets d'investissements nouveaux. En effet, la gestion par projets est utilisée dans bon nombre d'industries et d'organisations diverses comme: la construction et surtout dans l'industrie pétrolière...etc.

Selon Oisen (1971), la gestion de projet est une application d'un ensemble d'outils et de techniques en vue d'orienter l'utilisation des diverses ressources vers l'accomplissement d'une tâche unique, complexe et ponctuelle, sous les contraintes de temps, de cout et de qualité.

Cette définition, quoique très technique, précise la mission du gestionnaire de projet : réaliser le projet dans un délai raisonnable, à moindre cout et en une qualité acceptable. De ce fait, le pilotage d'un projet reste un travail laborieux et requiert un certain niveau d'expertise ; *N'est plus gestionnaire de projet qui veut mais qui peut.* De plus, celui qui peut doit être en mesure de cerner la notion de performance, de maîtriser les outils dans un souci permanent d'amélioration de cette performance et d'assurer une bonne gestion des ressources à l'intérieur du triangle vertueux (durée, cout, qualité).

Donc, la gestion de projet veut dire avant tout obligation de résultats. Dans cette obligation de résultats, la clé de la bonne performance se trouve dans la maîtrise des étapes et processus de réalisation du projet. Les méthodes de planifications et d'optimisations (d'accélération) de projet figurent au nombre de ces processus auxquels le gestionnaire doit recourir quotidiennement, dans sa quête d'efficience et d'efficacité, afin de répondre aux exigences et directives des parties prenantes au projet. Avec les progrès scientifiques et techniques enregistrés de nos jours, ces exigences deviennent multiples, fréquentes et de plus en plus complexes. Ceci fait de l'accélération de projet un problème de plus en plus incontournable, crucial, pertinent, actuel, objectivement posé est à résoudre.

C'est ce problème précis qui nous à conduit à nous y intéresser à travers le thème suivant :

Planification et optimisation de projet : réalisation d'une station terminal de départ du gazoduc GR5 à REGANNE au sien du groupement SAIPEM.

Notre démarche instrumentale sera illustrée à l'aide d'un projet concret qui est le Gazoduc (GR05) -Reganne au sien du groupement SAIPEM ; pour démontrer l'utilisation des outils élaborés aux praticiens de la gestion de projet.

Pour atteindre cet objectif fixé, nous aborderons ce travail dans l'ordre

Suivant :

- Au chapitre 1: On se consacre à la présentation générale de groupement **SAIPEM**. Ainsi que la problématique du projet
- Au chapitre 2 : comporte les principales notions de la théorie des graphes et passons en revue les différentes méthodes du problème d'ordonnement.
- Au chapitre 3 : il sera question de la modélisation du projet GR5 par les méthodes d'ordonnement.
- Au chapitre 4 : on se consacre à l'utilisation de la technique de programmation linéaire avec le langage Visual express, il se compose de deux parties :
 - la première partie décrit les notions de base de la programmation linéaire.
 - la seconde partie sera consacrée à la résolution de la problématique par cette dernière en utilisant le langage de programmation «Visual Xpress ».
- au chapitre 5: il est question de l'utilisation de l'outil informatique pour mieux planifier et optimiser le projet de **GR5**, Il s'agit du logiciel Microsoft Project (logiciel spécialisé en planification).

En conclusion, nous exposons les résultats obtenus ; et en annexe on propose une autre approche un peut plus compliquer mais vue ses résultats très fiable fait qu'on oubli cette difficulté une de c'est principale limite c'est l'inexistence d'un support informatique pour prendre en charge cette approche MOLIP ; ce qui offre une avenue pour des recherche futures.

1.1. Présentation du groupement SAIPEM

1.1.1 Historique

A la fin de la seconde guerre mondiale, lorsque Enrico Mattei pris la direction d'AGIP et de ENI (Ente Nazionale Idrocarburi), le groupe commence l'exploration du sous-sol à la recherche des gisements de pétrole et de gaz exploitable il développe sa propre technique et méthodologie au sein d'une structure technique adaptée.

C'est à cette occasion qu'au sein de la filiale SNAM (une petite entreprise de transport et de vente de gaz méthane), le premier gazoduc voyait le jour.

A partir de 1954, SNAM construit en Egypte un oléoduc long de 145km.

C'est à partir de ce projet assez exceptionnel pour l'époque que cette activité très spécifique se développe avec une forte demande des pays producteurs.

SNAM crée alors en 1956 une filiale SNAM MONTAGGI qui rachètera en 1957 la société SAIP créée en 1940, pour fonder SAIPEM, fusion de Saip Et Montaggi.

SAIPEM est actuellement le leader mondial du secteur des services pour l'industrie pétrolière on shore et offshore.

1.1.2 Organigramme du SAIPEM (Algérie)

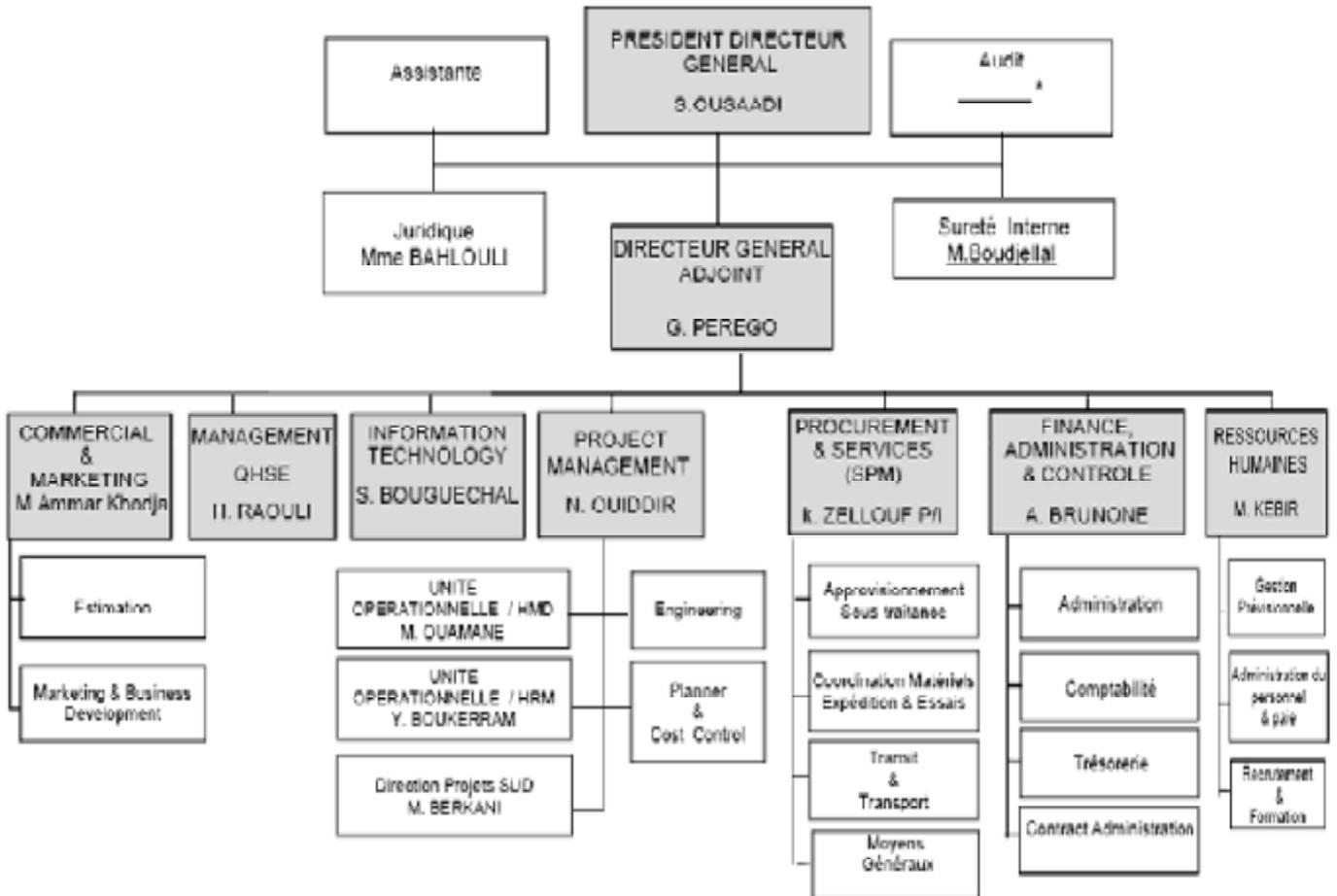


FIG 1.1 L'organigramme de SAIPEM

1.1.3 Domaines d'activités

SAIPEM est présente dans plus de 130 pays et emploie 96 387 collaborateurs. Il forme aujourd'hui avec l'ensemble de ses filiales et sociétés liées le cinquième groupe pétrolier intégré dans le monde.

SAIPEM exerce ses activités dans tous les segments de la chaîne pétrolière telles que :

- Secteur amont : Le secteur Amont de SAIPEM englobe les activités d'exploration, de développement et de production d'hydrocarbures, ainsi que les activités exercées par le Groupe dans les domaines du charbon, du gaz et des énergies nouvelles. Le Groupe mène des activités d'exploration et de production dans plus de 40 pays et produit du pétrole et du gaz dans 30 pays. L'Europe, l'Afrique et le Moyen-Orient constituent respectivement ses principales zones de production, suivies des Amériques et de l'Asie.
- Secteur aval : Investir pour adapter l'outil de raffinage à l'évolution des marchés et optimiser les positions dans le marketing. Sur l'année 2011, le résultat opérationnel net ajusté du secteur Aval est de 1 083 millions d'euros, en baisse de 7% par rapport à 1 168 millions d'euros en 2010.
- La Chimie : Innover, renforcer la compétitivité et poursuivre l'amélioration des performances en matière de sécurité. La Chimie de SAIPEM regroupe la Chimie de base, qui inclut la pétrochimie et les fertilisants, ainsi que la Chimie de Spécialités qui comprend les applications du caoutchouc, les résines, les adhésifs et la métallurgie.

1.1.4 Les titres de forages réalisés par SAIPEM

Année	Description
1959	Premier puits extracôtier foré en Europe (Gela 21).
1960	Construction de jack-up Gatto Selvatico et Perro Negro
1961	Plate-forme fixe située sur le champ de Gela en 5 m de profondeur.
1967	Début de la construction de la première semi-submersible Scarabeo forage 2.
1971	Début de la construction de la DP de forage Saipem navire 2.
1975	Début de la construction de deux plates-formes de forage semi-submersible scarabeo 3 et 4.
1989	Début de la construction de semi-submersible Scarabeo forage 5.
1990	Début des activités de forage terrestre en Inde avec 4 plates-formes sur une base contractuelle métrage
1991	Début de forage terrestre HPHT en Italie du Nord avec 4 plates formes, 3000 ch.
1995	Début de minces activités de forage de trou de la plate-forme hydraulique des terres en premier.
1998	Le forage de la terre et à Malte sur la base clé en main
1999	Début de la construction de semi-submersible Scarabeo forage 7.
2000	Début de la construction du navire de forage Saipem 10000.
2001	Record du monde : Judy 1 puits en eau profonde, 2791 m, le Gabon, Saipem 10000.
2006	Début de la construction de la soumission barge de forage assistée TAD Saipem
2007	Début de la construction de semi-submersible de forage Scarabeo 8 et 12000 de forage Saipem navire. Acquisition de forage semisubmersible Scarabeo dispositif de 9 (en cours de construction).
2008	Démarrer activités de forage de jack-up Perro Negro 7.
2009	Démarrer activités de forage de jack-up Perro Negro 6.
2010	Démarrer activités de forage de jack-up Perro Negro 8.

1.2. Généralités et définitions

1.2.1 Transport par canalisation [3]

Le transport par canalisation est un mode de transport de matières gazeuses ou liquides. En effet, les produits généralement visés par ce terme sont :

- Ø Le pétrole et autres hydrocarbures liquides.
- Ø Le gaz naturel et autres gaz combustibles.
- Ø Les produits chimiques.

Selon le produit transporté, les canalisations ont des noms ainsi que des réglementations, des techniques de construction et d'exploitations différentes. Les principaux systèmes de transport par Canalisation concernent:

- Ø Le gaz naturel, transporté par le gazoduc.
- Ø Les hydrocarbures, transportés par les oléoducs.

Les réseaux de transports par canalisation sont composés de tronçons de conduites et d'ouvrages Connexes remplissant des fonctions précises:

- Ø Les stations d'injection ou de départ constituent les points d'entrée du réseau de transport.
- Ø Les stations de compression (pour les gazes) ou stations de pompage (pour les liquides).
- Ø Les postes de livraison permettent de mettre la matière transportée à disposition des destinataires intermédiaires ou finaux.
- Ø Les stations d'arrivée marquent l'extrémité d'un réseau de transport.
- Ø Les postes de détente ou de poste de régulation permettent de diminuer la pression de fluide à l'aval.
- Ø Les postes de sectionnement permettent d'isoler un tronçon de canalisation afin d'assurer sa maintenance ou de limiter les conséquences néfastes en cas de fuite.

1.2.1.1 Gaz naturel

On appelle gaz naturel un mélange d'hydrocarbures saturés gazeux (méthane, éthane, propane butane), contenant aussi des hydrocarbures liquides (pentane, hexane, et homologues supérieures) et d'autre composants tels que l'oxyde de carbone, le dioxyde de carbone de

carbone, l'azote l'hydrogène sulfuré. Il peut contenir aussi de l'hydrogène et de l'oxygène mais en faible quantité il est produit à partir de couche souterraines poreuses où il est mêlé avec le pétrole. En règle générale, le méthane est le principal constituant, il représente environ 70% à 95% du volume total du mélange et c'est pourquoi on emploie souvent le mot "méthane" pour désigner le gaz naturel lui-même.

1.2.1.2 Gazoduc

Un gazoduc est une canalisation destinée au transport de matières gazeuses sous pression, la plupart du temps des hydrocarbures, sur de longues distances. La majorité des gazoducs acheminent du gaz naturel entre les zones d'extraction et les zones de consommation ou d'exportation. On estime la longueur totale des gazoducs dans le monde à un million de kilomètres, soit plus de 25 fois la circonférence terrestre. Les gazoducs sont en majorité terrestres, soit enfouis à environ un mètre de profondeur dans les zones habitées, soit posés à même le sol en zone désertique, ou en zone à sol dur (permafrost). Leur diamètre varie entre 50 millimètres et 1400 millimètres pour les plus importants. Toute fois, le tarissement des sources de proximité et l'éloignement croissant des zones d'exploitation ont conduit à l'établissement de gazoducs sous marins. Selon leur nature d'usage, les gazoducs peuvent être classés en trois familles principales:

- **Gazoducs de collecte:** ramenant le gaz sorti des gisements ou des stockages souterrains vers des sites de traitement.
- **Gazoduc de transport ou de transit:** acheminant sous haute pression le gaz traité (déshydraté, ...) aux portes des zones urbaines ou des sites industriels de consommation.
- **Gazoducs de distribution:** répartissant le gaz à basse pression au plus près des consommateurs domestiques ou des petites industries.

1.2.1.3 Les terminaux

Dans l'industrie pétrolière, le terme terminal désigne l'une ou l'autre extrémité d'un itinéraire de transport d'hydrocarbures utilisé pour la réception ou l'expédition de ceux-ci à terre ou en mer, il peut désigner les parcs de stockage d'un produit, comme il peut désigner des raffineries ou des ports situés aux extrémités finales des pipelines. Les relais de pression sont assurés, en certains points de la ligne, par les stations de pompage. D'une manière générale, les terminaux désignent les extrémités d'une canalisation.

1.2.2 Projet [2]

Un projet est un ensemble d'activités organisées en phase ou en étapes et formant l'unité de gestion permettant la réalisation d'un objectif défini et précis.

1.2.2.1 Tache [2]

Un projet est constitué d'un ensemble de tâches, une tâche est une activité ayant un début et une fin, elle est caractérisée par les éléments suivant :

- Ø Identité (nom de la tâche)
- Ø Durée estimée.
- Ø Reliée ou non à au moins une autre tâche du projet.
- Ø Cout (matérielles, humains, financières).

1.2.2.2 Jalon [2]

Un jalon est un événement particulier qui marque le début ou la fin d'une partie bien identifiée du projet. Il est en général associé à une date précise. C'est un repère prédéterminé et significatif dans le cours du projet.

1.2.2.3 Ressources [2]

La réalisation de chaque tâche identifiée dans le projet entraîne l'utilisation des ressources. Ces ressources peuvent être de différentes natures (matérielles, humaines, financière).

1.2.2.4 Le triangle du projet [2]

Les principes de base de la gestion de projet sont représentés par le triangle du projet, un Symbole rendu populaire par Harold Kerzner. il est caractérisé par 3 objectifs liés et antagonistes:

- Ø **Le délai** : il s'agit du temps nécessaire pour achever le projet tel qu'il est décrit dans les prévisions.
- Ø **Le coût** : le coût du projet est basé sur les coûts des ressources, c'est-à-dire le personnel, l'équipement et le matériel nécessaire à la réalisation des tâches.
- Ø **La qualité** : il s'agit des objectifs et des tâches du projet ainsi que le travail nécessaire pour atteindre ces objectifs.

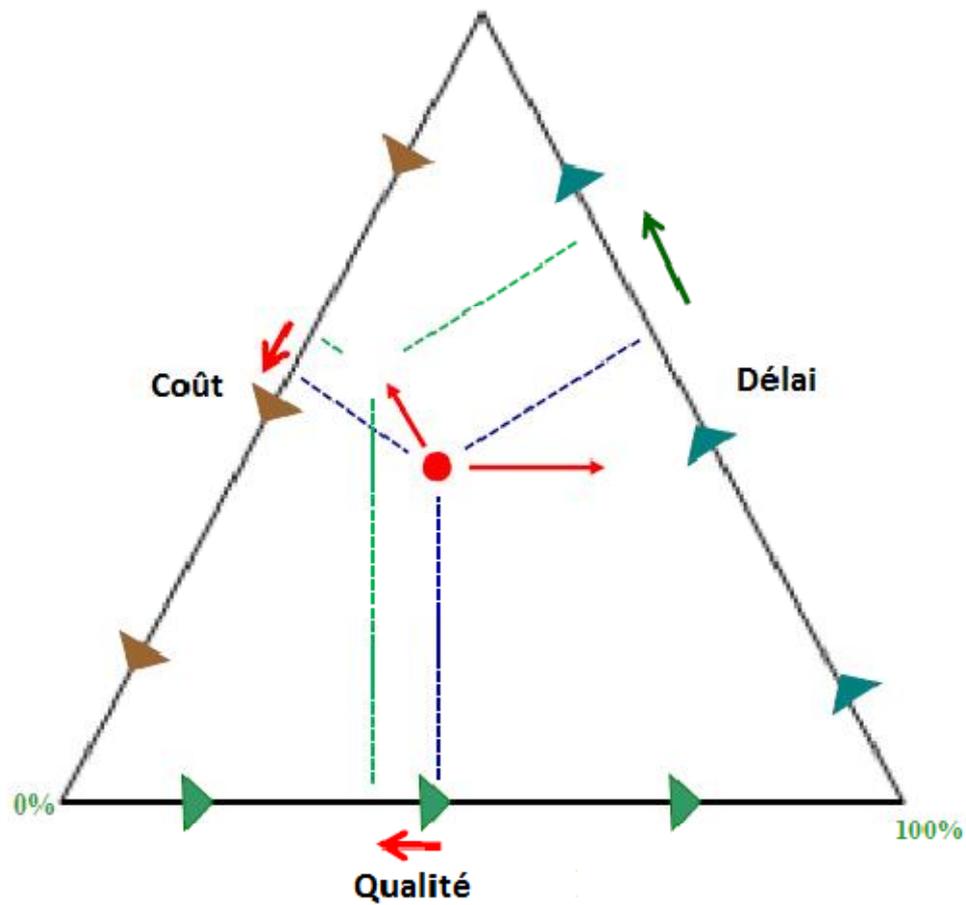


FIG 1.2 Le triangle du projet

Ce trio délai, coût et qualité constituent le triangle du projet, ils sont interdépendants et doivent être pris en compte soigneusement.

L'ajustement de l'un de ses trois facteurs a des répercussions sur les deux autres. Même s'ils sont tous les trois importants, l'un de ses facteurs influence généralement d'avantage sur le projet.

1.2.2.5 La gestion de projet [3]

La gestion de projet est le processus qui consiste à planifier, organiser et gérer les tâches et les ressources afin d'atteindre un objectif défini, généralement en respectant des limites de temps, de ressources et de coûts.

1.2.2.6 Les étapes de la gestion des projets

La gestion de projet est découpée en deux phases: une phase **prévisionnelle** durant laquelle on ordonnance et on hiérarchise les tâches qui concourent à la réalisation du projet, on prévoit et on évalue toutes les informations les concernant (délais, ressources, coûts). Puis une seconde phase dite de **suivi** des activités, pendant laquelle on observe les décalages éventuels qui peuvent survenir entre ce qui a été prévu et ce qui est effectivement réalisé [4].

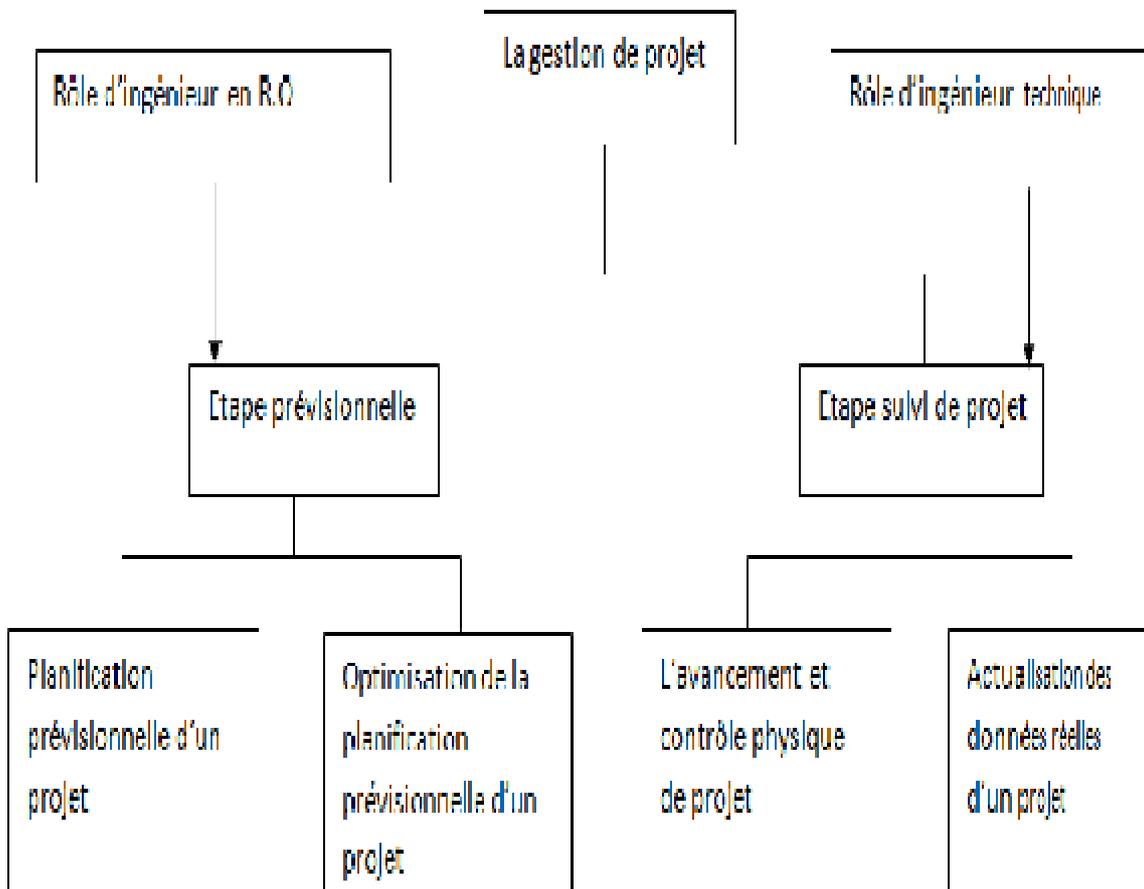


FIG 1.3 organigramme des étapes de la gestion de projet

1.2.2.7 Cycle de vie d'un projet.

Les organisations qui exécutent les projets divisent ceux-ci en plusieurs phases afin d'en permettre une meilleure gestion et un contrôle adéquat: identification, planification, réalisation et terminaison. Ces phases sont mieux connues sous le nom de cycle de vie de projet. La figure 1.4 illustre les phases du cycle de vie de projet.

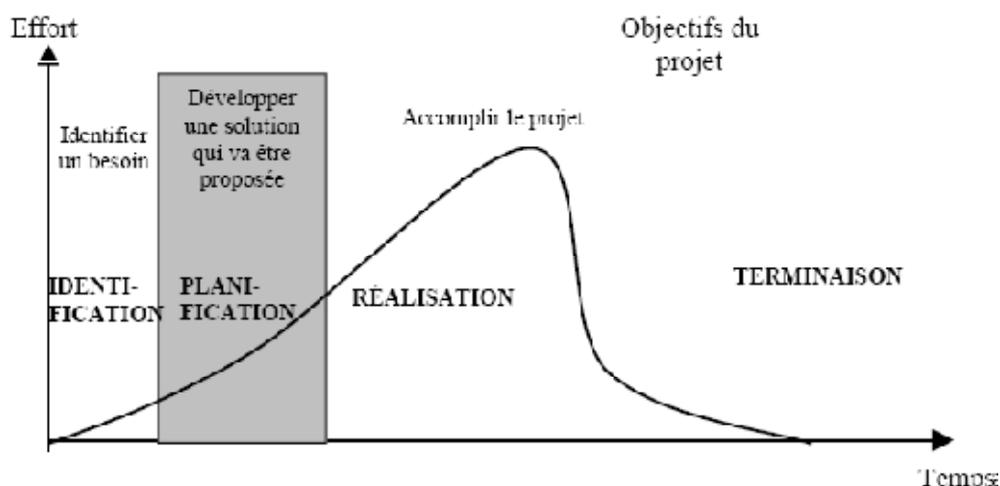


FIG 1.4 Le cycle de vie de projet

1.3. La problématique

Tout projet doit être planifié quelque soit son importance, sa longueur ou sa complexité. La planification est un outil indispensable de gestion de projet.

Elle permet de mieux définir les travaux à réaliser, de fixer des objectifs de coordonner divers actions, de maîtriser les moyens requis, de minimiser les risques rencontrés, gérer le temps, c'est à dire ordonnancer les interventions, prévoir l'avancement des travaux . . . etc. C'est pour cela que l'entreprise SAIPEM s'intéresse à la planification afin d'optimiser leur projet.

1.3.1 Présentation générale du projet GAZODUC GR5

Le projet GR5 consiste en un Système de Transport par Canalisation (STC) composé de gazoducs et de stations de compression avec toutes les installations y afférentes, permettant

Chapitre 1 : Présentation du groupement SAIPEM et la problématique

de collecter le gaz des champs découverts au sud-ouest de Hassi R'mel pour l'acheminer au Centre National de Dispatching de Gaz (CNDG), il est composé de deux lots identifiés.

- **Lot 1:** PK 0- PK 309 (Reggane – Krechba), d'une longueur de 309 Km.
- **Lot 2 :** PK 309 –PK 765 (Krechba – Hassi R'mel), d'une longueur de 456 Km.

Le GR5 traverse les wilayas d'Adrar, Ghardaïa et Laghouat.

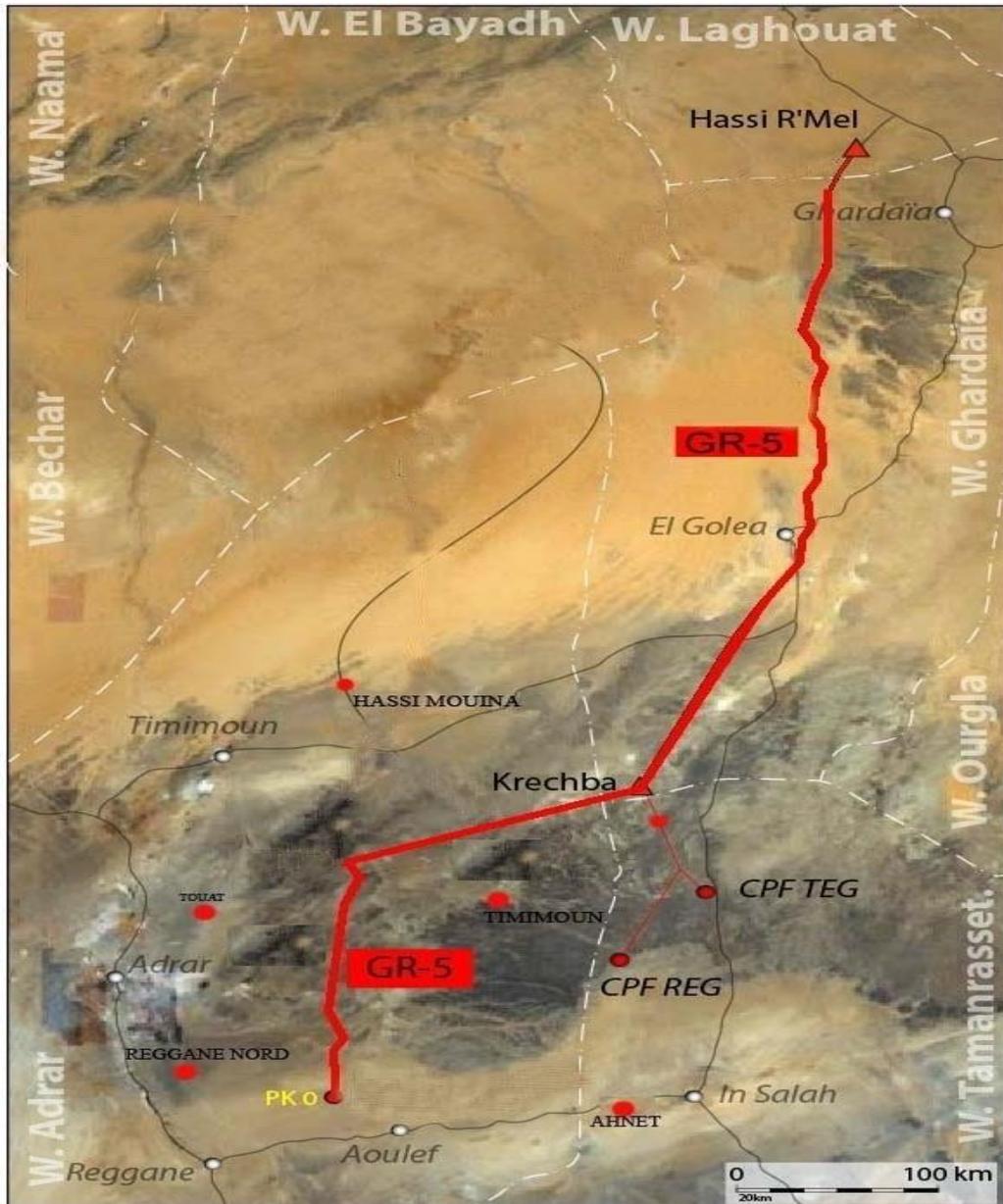


FIG 1.5 Trace du Gazoduc GR5

1.3.2 Objectif du projet

Le gazoduc GR5 48'', une fois construit et mis en service, permettra d'accroître la capacité de transport et d'expédition du gaz naturel à partir des champs de REGGANE, TIMIMOUN et ceux de KRECHBA.

1.3.3 Consistance Globale du STC GR5

Le Projet GR5 / lot N°1 aura pour consistance :

- Ø Réalisation d'une canalisation d'une longueur de 309 Km et d'un diamètre de 48'' de REGGANE à KRECHBA
- Ø Réalisation d'un Terminal départ TD à REGGANE au PK 00
- Ø Réalisation d'un Terminal arrivée TA à KRECHBA au PK 309
- Ø Réalisation de Deux postes de coupure aux PK 75 et PK 175
- Ø Réalisation de Douze (12) postes de sectionnement aux PK 20, 38+500, 58, 95, 115, 135, 156, 198, 220, 242+500, 264+500 et 287.
- Ø Réalisation de Trois (03) points d'injection au PK 00 et qui sont MSARI AKABLI, REGGANE Nord et AHNET.
- Ø Réalisation de Deux (02) points d'injection au PS N°04, PK N° et qui sont REGGANE DJEBEL HIRANE.
- Ø Réalisation d'un (01) point d'injection au PS N°08, PK 198 à TIMIMOUN.

Synoptique du projet GR5

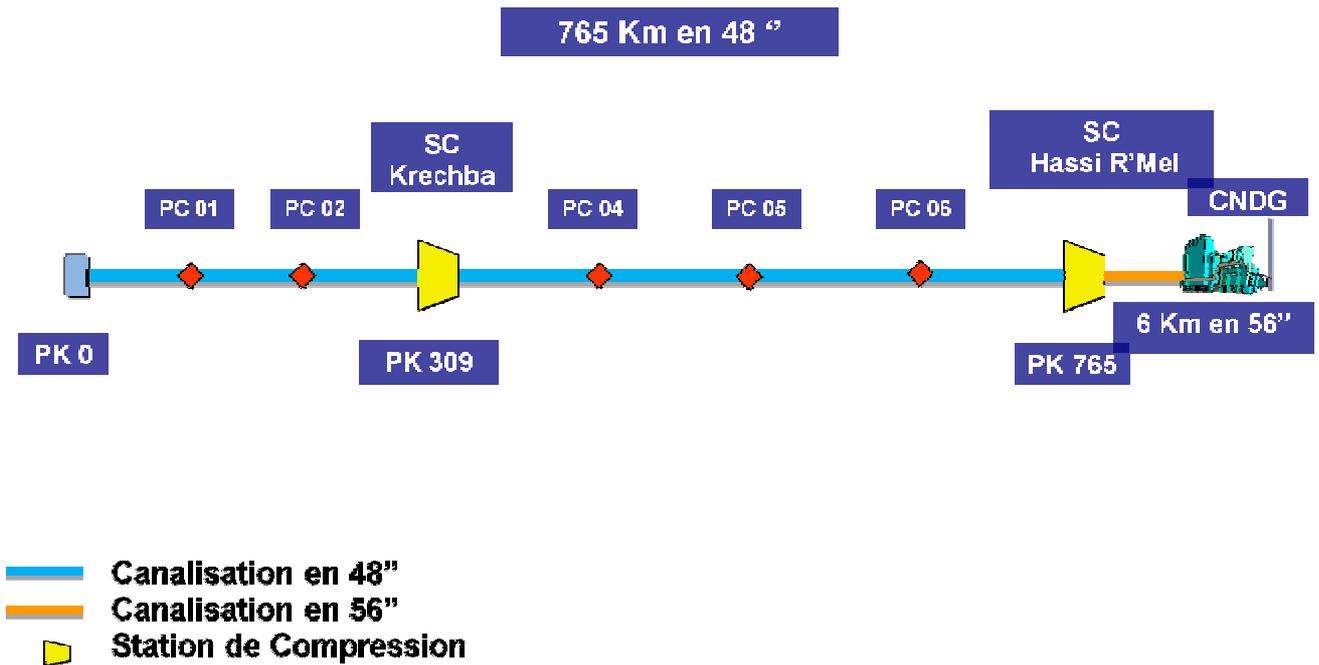


FIG 1.6 Synoptique du projet GR5

Vue l'ampleur et la complexité du projet GR5, et compte tenu qu'on est dans l'incapacité de le planifier et de l'optimiser on est emmener a ce focaliser sur une partie qui est le Terminal de départ (TD) à REGGANE au PK 00.

L'objectif de notre contribution consiste en l'élaboration d'un calendrier de déroulement des taches, en vue de minimiser la dure totale de réalisation du TD PK00.

1.3.4 Étude préalable du projet GR5

Avant d'entamer la réalisation d'un planning prévisionnelle du projet **GR5**, il est nécessaire d'établir une étude préalable. Le but de cette étude est de concevoir et de spécifier

l'ensemble des informations nécessaires (les tâches, leurs durées, leurs ressources, leurs enchaînements . . .etc) pour l'établissement de ce planning, elle consiste à :

1.3.4.1 Découpage du projet

Il s'agit de décomposer de façon structurée et précise le projet en tâches, de manière à visualiser l'ensemble du projet.

En ce qui concerne notre projet les tâches sont données comme suit :

- Ø Génie civil
- Ø Montage mécanique revêtement et peinture
- Ø Essais hydrostatiques provisoire
- Ø Raccordement
- Ø Electricité
- Ø Instrumentation
- Ø Protection cathodique provisoire-cathodique
- Ø Système télécom/Scada
- Ø Cuve climatisation passive
- Ø Système panneau solaire
- Ø Réseau anti intrusion
- Ø Clôture, Portail, Routes
- Ø Remise en état des lieux

1.3.4.2 Estimation de la durée de chaque tâche

C'est-à-dire le temps nécessaire pour accomplir chacune des tâches.

La durée choisie doit être à la fois réaliste et raisonnable. Donner des délais trop courts entraîne l'impossibilité de les respecter, tandis que des échéances trop souples ne permettent pas l'optimisation du projet.

Divers techniques peuvent être envisagées pour résoudre ce problème, par exemple Technique PERT qu'on aborde ultérieurement.

1.3.4.3 Enchaînement des tâches

Pour le déroulement de planning il est nécessaire que chaque tâche liée à une autre mais tout en évitent que les liens ne soit pas trop nombreux

Il existe quatre types de relation entre les tâches comme indique le tableau suivant :

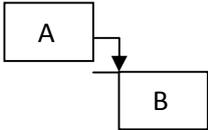
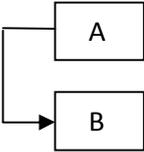
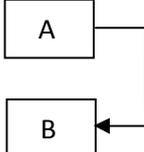
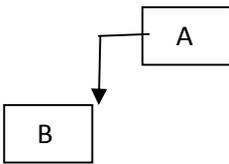
Type de lien	Représentation graphique	Discrétions
Fin /Début		La tâche (B) ne peut pas commencer tant que la tâche (A) n'est pas terminée.
Début/ Début		La tâche(B) ne peut pas commencer tant que la tâche (A) n'est pas commencer.
Fin / Fin		La tâche (B) ne peut pas se terminer tant que la tâche (A) n'est pas terminée.
Début/Fin		La tâche (B) doit se terminer Quand (A) commencer.

Tableau 1.1 Les différents type de liens

1.3.4.4 Visualisation du coût total de projet

L'affectation d'une ressource à une tâche met en jeu les paramètres suivant :

- Ø Quantité de ressources affectée à une tâche.
- Ø Nombre d'heures de travail.
- Ø Durée d'une tâche.

Ces informations permettent également de déterminer le coût engendré par cette affectation.

Cependant, deux types de coûts sont généralement pris en compte pour évaluer le coût total du projet:

A. Coût fixe (Estimé par des ingénieurs d'études)

Il inclut les différents frais et coûts relatifs au projet :

1. Frais d'installation.
2. Frais de matériels et de fourniture de construction.
3. Frais de transport et de télécommunication.
4. Frais de bureau d'étude (composé des ingénieurs de planification).
5. Frais de bureau d'étude (composé des ingénieurs de suivi de projet)

B. Coût variable

Appelé aussi « **coût standard** » il correspond au salaire ou cout de la ressource par unité de temps ce coût change proportionnellement avec la durée d'une tache.

1.3.5 Tableau récapitulatif du coût total par tache

Nom de la tache	Désignation de la tache	Le cout estimée en DA / tache
A	Génie civil	22 000 000, 00
B	Montage mécanique revêtement et peinture	10 800 000, 00
C	Essais hydrostatiques provisoire	2 000 000, 00
D	Raccordement	3 000 000, 00
E	Electricité	1 200 000, 00
F	Instrumentation	2 000 000, 00
G	Protection cathodique provisoire-cathodique	1 200 000, 00
H	Système télécom/Scada	4 500 000, 00
I	Cuve climatisation passive	1 150 000, 00
G	Système panneau solaire	3 600 000, 00
K	Réseau anti intrusion	1 700 000, 00
L	Clôture, Portail, Routes	12 000 000, 00
M	Remise en état des lieux	1 000 000, 00

Tableau 1.2 Tableau des couts.

Remarque : le coût total estimé du projet est de : 66 150 000, 00 DA

1.4. Conclusion

Compte tenu de ce qui précède notre objectif est désormais fixé, à savoir :

« Planifier et optimiser le terminal de départ PK 00 du projet GR5 A afin de déterminer la durée totale en tenant compte du conflit coût /durée ».

2.1. Introduction

La théorie de l'ordonnement du Project et une branche de la recherche opérationnelle qui s'intéresse au calcul des dates d'exécution optimales des tâches. Pour cela il est capital d'affecter en même temps les ressources nécessaires pour l'exécution de ces dernières. Le problème d'ordonnement du projet peut être considéré comme un sous problème de planification dont il s'agit de décider du déroulement des opérations planifiées. [06]

Nous allons présenter dans ce chapitre les notions de base de la théorie des graphes et les différentes techniques d'ordonnement de projet.

2.2. Généralités sur la théorie des graphes

2.2.1 Historique

On peut faire remonter les origines de la théorie des graphes à Euler (1736) avec la résolution du fameux problème des "Ponts de Königsberg"; et à Hamilton avec le célèbre jeu du "Parcours autour du monde" (1859) posant la première fois un problème qui, dans sa version plus récente dite du "voyageur de commerce" tient toujours les chercheurs en haleine. Mais la théorie des graphes a réellement pris son départ pendant la seconde guerre mondiale, plus précisément en Angleterre en 1940, sous le nom d'Operation Research. L'État Major allié, qui devait accroître l'efficacité de ses opérations, en confia le travail au physicien Blackett. Il s'agissait de rechercher la meilleure rotation des équipages dans les avions, l'implantation optimale des radars et plus tard l'organisation des convois transatlantique . . . Avec l'apparition des ordinateurs et le développement des algorithmes, les graphes ont cessé de se limiter aux récréations mathématiques pour pénétrer progressivement tous les domaines de la science. Aujourd'hui la théorie et les algorithmes de graphes se sont imposés comme une discipline incontournable aussi bien dans les sciences de base (physique, Chimie, Biologie, Sciences Humaines, Informatique) que dans les Sciences de l'Ingénieur (Automatique, Optimisation des systèmes, Économie et Recherche Opérationnelle, Analyse de Données, Ingénierie des grands réseaux de communication de type Internet, etc.). Cette évolution tient à la fois à la puissance de modélisation procurée par les graphes, et à la disponibilité d'une vaste panoplie d'algorithmes efficaces qui ne cesse de s'enrichir au fil du temps. [07]

2.2.2 Définitions

2.2 .2.1 Graphe

C'est en 1822 que le mot graphe a été introduit par l'Anglais J .J Sylvester, et en 1936 que paru le premier livre sur la théorie des graphes, écrit par D.Kenig.

Un graphe est un dessin géométrique défini par la donnée d'un ensemble de points fini appelés sommets ou nœuds, reliés entre eux par un ensemble de lignes ou de flèches appelées respectivement arrêtes et arcs. Chaque arrête ou arc a pour extrémités deux points, éventuellement confondus. [08]

∅ Autrement dit : il se symbolise par le couple $G = (X, U)$ ou :

- X est l'ensemble des sommets
- U l'ensemble des arrêtes ou arcs.

Remarque

Graphiquement, les sommets peuvent être représentés par des points et les arêtes ou arcs par un trait joignant deux sommets quelconques de ce graphe. On notera que la disposition des points et la longueur ou la forme (rectiligne Ou incurvée) des traits n'a aucune importance. Seule l'incidence des différentes arêtes et sommets compte.

A titre d'exemple, les deux graphes de la figure 2.1 sont identiques. [07]

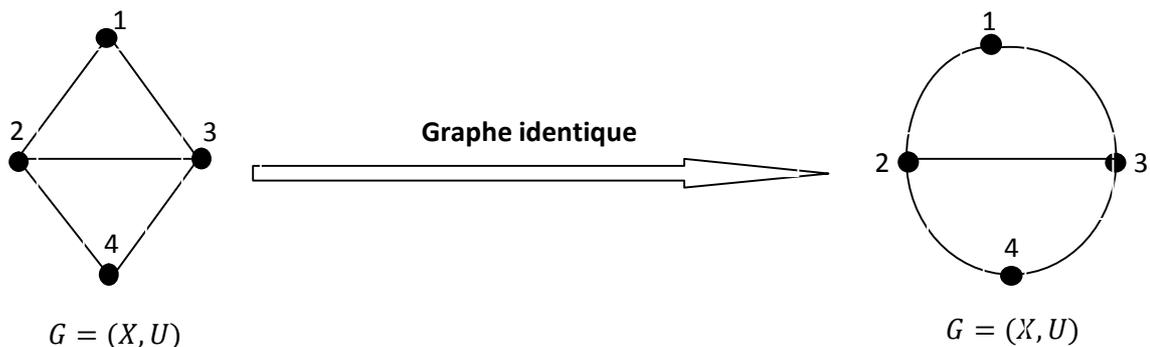


FIG 2.1 Graphe identique

2.2.2.2 Graphe orienté et graphe non orienté [08]

Un graphe orienté est une représentation d'un ensemble fini de sommets et d'arcs notée respectivement $\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ et $\{u_1, u_2, \dots, u_n\}$

Si on définit une relation sur cet ensemble le quel la notion d'ordre n'est pas importante, la relation entre deux sommets est un arc non orienté appelé arrête. Ainsi on obtient un graphe non orienté. Comme la montre la figure ci-dessous.

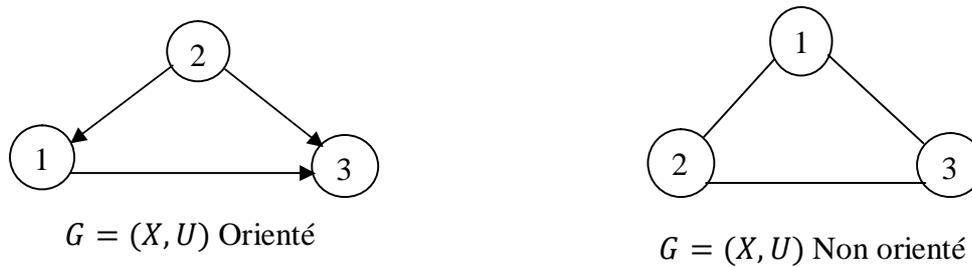


FIG 2.2 Graphe orienté et non orienté

Remarque

Dans le graphe orienté on parle de la notion de successeurs et de prédécesseurs d'un sommet tel que ;

L'ensemble des successeurs d'un sommet i noté $\Gamma^+(i)$ contient toutes les extrémités finales des arcs ayant comme extrémité initiale i .

Et contrairement, l'ensemble des prédécesseurs d'un sommet i , noté $\Gamma^-(i)$, regroupe toutes les extrémités initiales des arcs ayant comme extrémité finale i . [11]

Exemple.

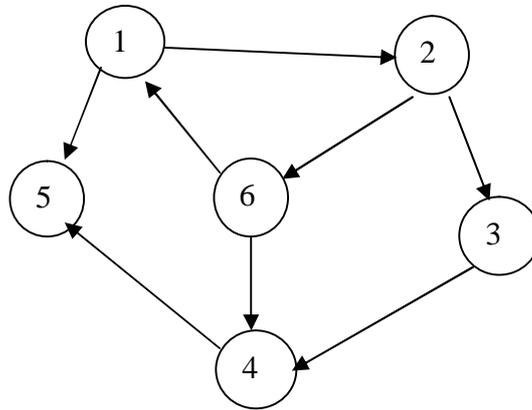


FIG 2.3 Graphe des successeurs et de prédécesseurs

i	$\Gamma^+(i)$
1	2,5
2	3,6
3	4
4	5
5	/
6	1,4

i	$\Gamma^-(i)$
1	6
2	1
3	2
4	3,6
5	1,4
6	2

2.2.2.3 Réseau [10]

Est un graphe fortement connexe, sans boucle et ayant plus d'un sommet.

On appelle nœud d'un réseau un sommet qui a plus de deux arcs incidents. Les autres sommets sont appelés antinoeuds. Comme le montre la figure ci-dessous 2.4

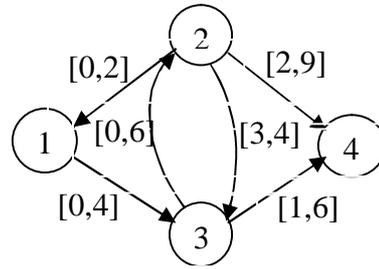


FIG 2.4 Réseau

2.2.3. La représentation matricielle d'un graphe [07]

Soit un graphe $G = (X, U)$ contenant n sommets et m arcs ; tel que $|X| = n$ et $|U| = m$.

Trois types de matrice sont généralement associés à ce graphe :

A) La matrice d'adjacence

Est une Matrice booléenne A de taille $n \times n$ tel que :

$$A_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{si l'arc } (i, j) \text{ existe dans le graphe} \\ 0 & \text{si non} \end{cases}$$

Remarque

Un graphe orienté quelconque a une matrice d'adjacence quelconque, alors qu'un graphe non orienté possède une matrice d'adjacence symétrique. L'absence de boucle se traduit par une diagonale nulle.

Propriétés

- ∅ La somme des éléments de la $i^{\text{ème}}$ ligne de A_{ij} est égale au degré sortant de d_i du sommet x_i de G .
- ∅ La somme des éléments de la $j^{\text{ème}}$ colonne de A_{ij} est égale au degré entrant de d_j du sommet x_j de G .

∅ A_{ij} est symétrique si, et seulement si, le graphe G est symétrique.

B) La matrice associée [08]

Est une matrice A_{ij} de taille $n \times n$ où les éléments qui la compose indique le nombre d'arcs orienté dans le même sens reliant deux sommets.

C) La matrice d'incidence aux arcs [07]

Considérons un graphe orienté sans boucle $G = (X, U)$. On appelle matrice d'incidence aux arcs de G la matrice A_{ij} de dimension $n \times m$ telle que :

$$A_{ij} = \begin{cases} +1 & \text{si } x_i \text{ extrémité initiale de l'arc.} \\ -1 & \text{si } x_i \text{ extrémité terminale de l'arc.} \\ 0 & \text{si } x_i \text{ n'est pas une extrémité de l'arc.} \end{cases}$$

∅ Pour un graphe non orienté sans boucle, la matrice d'incidence (aux arêtes) est définie par :

$$A_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{si } x_i \text{ est une extrémité de l'arc.} \\ 0 & \text{si non.} \end{cases}$$

2.2.4. Autre concepts de base [06] [07]

- 1) **Ordre du graphe** : est le nombre de sommets qui le compose.
- 2) **Chaîne dans le graphe** : est une suite finie de sommets reliés entre eux par une arête ; sa longueur est égale au nombre d'arêtes qui la compose, si aucune des arêtes composant la séquence n'apparaît plus d'une fois, la chaîne est dite simple. Et si aucun des sommets composant cette dernière n'apparaît plus d'une fois, la chaîne est dite élémentaire.
- 3) **Chemin** : suite de sommets reliés par des arcs dans un graphe orienté.

- 4) **Cycle** : est une chaîne dont les extrémités se coïncident et il est dit eulérien si est seulement si il est simple et passant une et une seule fois par toutes ces arrêtes.
- 5) **Graphe connexe** : Un graphe G est connexe s'il existe au moins une chaîne entre une paire quelconque de sommets de G .
- 6) **Graphe fortement connexe** : Un graphe orienté est dit fortement connexe s'il existe un chemin joignant deux sommets quelconques.
- 7) **Arbre** : est un graphe connexe sans cycle simple .

2.2.5. Modélisation du problème d'ordonnement du projet

2.2.5.1 Définition

Gérer un projet revient à établir un calendrier qui prend en charge la problématique du déroulement de ces différentes tâches et contrôle leur exécution.

Et c'est à cette cause que parus les problèmes d'ordonnement dans la planification de projet, et sa dans le but d'optimiser le temps de réalisation compte tenu des contraintes d'antériorité reliant les différentes tâches. [08]

2.2.5.2 Les méthodes d'ordonnement du projet

Ces méthodes peuvent se scinder en deux catégories selon leurs principes de base :

- 1) Méthodes basées sur la théorie des graphes tels que (AoA, PERT, MPM, CPM)
- 2) Méthodes de type diagramme de barres (diagramme de GANTT)

2.2.5.3 Méthodes de planification par réseau

1. La méthode AoA

Dans cette représentation chaque activité est représentée par un arc et chaque événement par un nœud. Le nœud de début de l'arc correspond au début de l'activité, le nœud d'arrivée correspond à la fin de l'activité ou de la tâche.

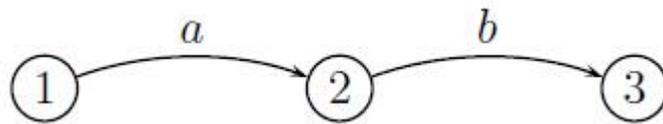


FIG 2.5 Représentation AoA

La représentation AoA se caractérise par les propriétés suivantes :

- ∅ Une activité ne peut débuter qu'après l'achèvement de toutes celles qui la précèdent.
- ∅ Les arcs déterminent les séquences logiques des événements.
- ∅ Les nœuds sont numérotés sans répétition et dans un ordre de croissance induit par les règles de précédence.

Remarque

- ∅ Par construction, il peut y avoir un nœud de début des activités (sans prédécesseur) et un nœud de fin des activités (sans successeurs). Le nœud de fin des activités correspond au nœud terminal de toutes les activités.
- ∅ Dans les calculs, une activité est définie par ses nœuds de début et de fin. Deux nœuds distincts peuvent être reliés par au plus une activité (arc).
- ∅ Par construction le graphe n'a pas de cycle (transitivité)
- ∅ dans certains cas pour exprimer les contraintes de succession il est nécessaire d'introduire des activités fictives dont les événements fictifs (arcs) de durée nulles

Exemple

Soit le graphe $G = (X, A)$ avec $X = \{1,2,3,4,5\}$ et $A = \{a, b, c, d\}$

Supposons que les activités a, b, c, d liées par les précédences $a < b, b < c, b < d$

Avec la représentation suivante

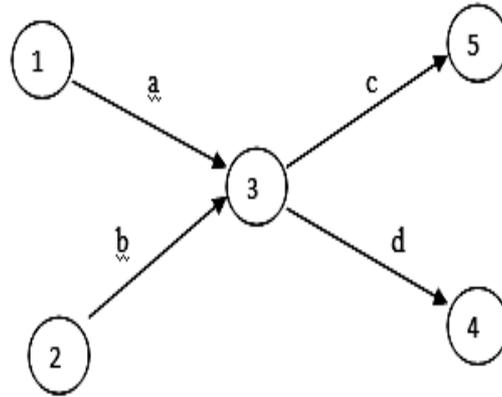


FIG 2.6 Introduction des contraintes en plus

Pour satisfaire la condition d'unicité des événements début et fin, propriété de projet et lorsque le graphe original n'y est pas, on peut introduire des activités fictives.

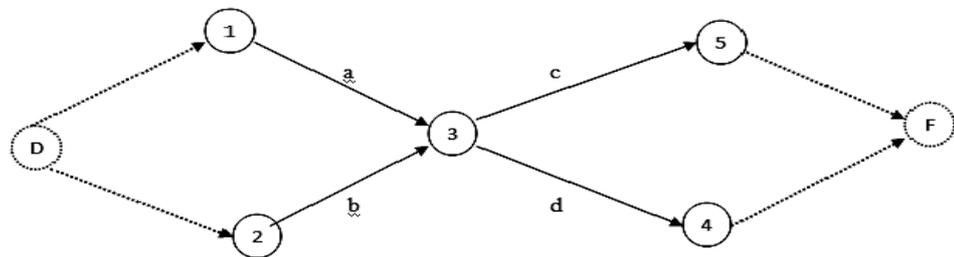


FIG 2.7 Introduction des contraintes de début et fin

Pour représenter correctement les relations de précédences en particulier, pour éviter de faire figurer sur le graphe des relations de précédences non nécessaires on peut utiliser les activités et événements fictifs

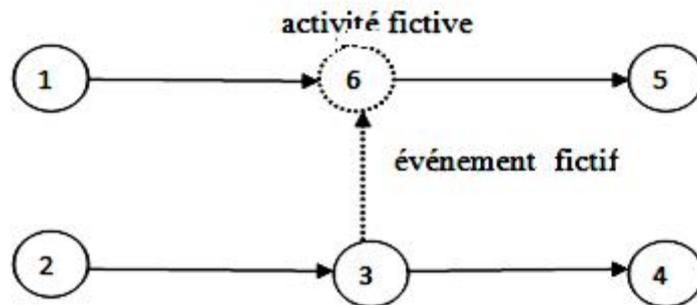


FIG 2.8 Suppression des contraintes en plus avec des arcs fictifs

Remarque

L'introduction d'activité et événements fictifs, autorise plusieurs représentations graphiques pour un même projet.

La détermination d'une représentation ayant un minimum d'activités et événements fictifs dans un graphe d'ordonnement est un problème complexe pour qui existe de nombreux algorithmes et méthodes de résolution. [07]

2. La méthode PERT (Programm Evaluation and Review Technique) [12]

2.1 Origine et définition

A la fin des années cinquante, la marine américaine conçoit une nouvelle technique d'ordonnement qui devait conduire a des gains de temps importants dans la réalisation de ses missiles à ogive nucléaire polaris.

Cette technique a permis de coordonner les travaux de près de 6000 constructeurs dans les délais imposée par le gouvernement américain.

Cette technique d'ordonnement et de contrôle de programmes consiste à mettre en ordre sous forme de réseau plusieurs taches qui grâce a leur dépendance et leur chronologie concourent toutes à l'obtention d'un produit fini [13].

2.2 Le but de la méthode

Consiste en la détermination du temps (cout) total minimal, pour la réalisation de toutes les phases selon leur antériorité.

2.3 Le réseau PERT

Cette représentation permet de modéliser un problème d'ordonnement de projet note comme suit, $R = (X, U, d)$ tel que :

- ∅ un sommet représente un événement signifiant le début ou la fin d'une ou de plusieurs taches.
- ∅ l'arc représente une tache donné.

∅ La valeur de l'arc représente la durée de cette tâche noté $d(u)$. [8]

2.4 Calendrier des dates au plus tôt et au plus tard, dans le réseau PERT [8].

- **La date au plus tôt d'un événement x noté t_x**

Elle fournit la date planifiée pour chaque événement et / ou une tâche.

$$\dot{U} \quad t_x = \max [t_y + d(y, x) / y \in \Gamma^-(x)]$$

Le max étant pris sur les prédécesseurs de x .

- **La date de début au plus tôt d'une tâche noté t_a**

$$\dot{U} \quad t_a = t_x \text{ dans le cas où la tâche est issue de l'événement } x$$

Remarque

Pour le dernier nœud le t_f correspond à la durée minimale de la réalisation du projet.

- **La date au plus tard d'un événement noté t_x^***

Elle nous indique de combien un événement et/ ou une tâche peut être retardé sans causer le retard sur le projet.

$$\dot{U} \quad t_f^* = t_f \text{ pour la fin du projet}$$

$$\dot{U} \quad t_x^* = \min [t_y^* - d(x, y) / y \in \Gamma^+(x)] \text{ le min étant pris sur les successeurs}$$

- **La date de début au plus tard d'une tâche noté t_a^***

$$\dot{U} \quad t_a^* = t_y^* - d(x, y), \text{ si la tâche va de sommet } x \text{ au sommet } y$$

2.5 Analyse et identification des tâches critiques

Une fois la date au plus tôt et au plus tard de chaque événement est calculée, on peut faire le point sur la situation du projet. Tel que le recensement des tâches critiques.

Une tâche peut voir sa durée de réalisation augmenté d'un délai,

$$\dot{U} \quad \alpha(i) = t_y^* - t_x - d(i) = t_a^* - t_a$$

Une tâche est dite critique si est seulement si, tout retard dans son exécution se répercute irrémédiablement sur la durée de la réalisation du projet. En d'autre terme si $\alpha(i) = 0$.

Remarque

La durée minimale du projet est donnée par le plus long chemin critique

2.6 Intervalle de flottement [8] [14]

Chaque tâche est régie par une date de début au plus tôt et au plus tard ; mais le démarrage de cette dernière peut survenir au milieu sans compromettre la date de fin du projet. La différence entre la date du début au plus tôt et au plus tard constitue l'intervalle de flottement de cette tâche.

2.7 Les différentes marges d'une tâche

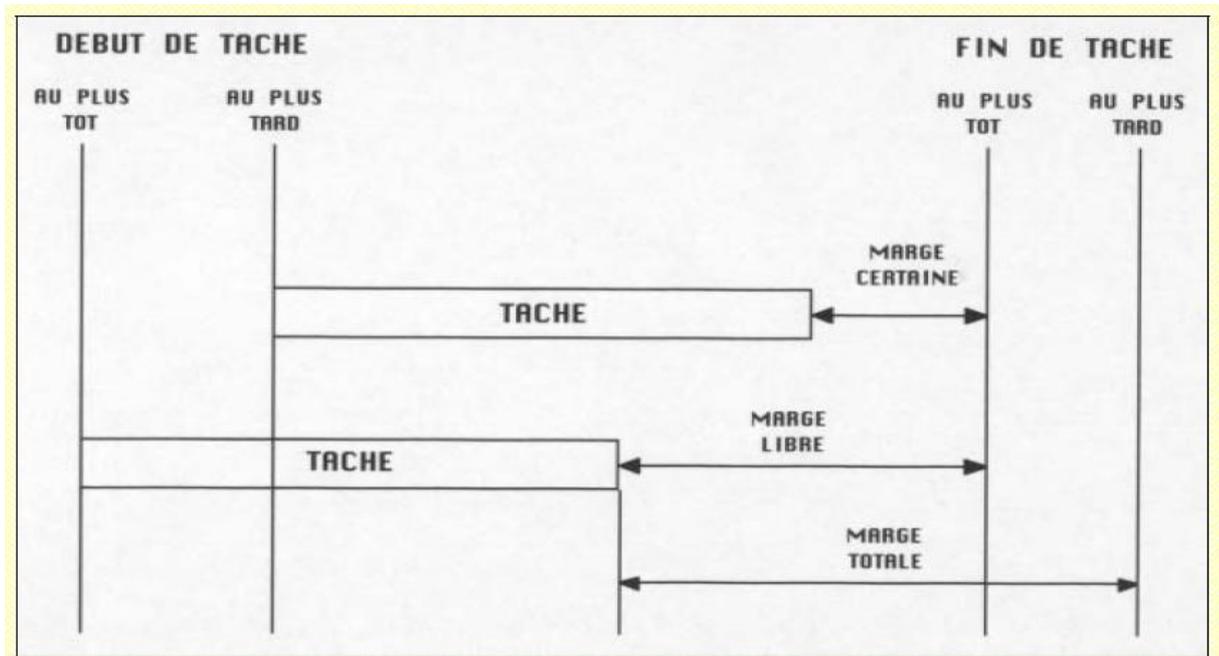


FIG 2.9 Les différentes marges d'une tâche.

A) Marge Totale

Notée $M_t(u)$, c'est le retard maximum que l'on peut apporter au démarrage d'une tâche sans perturber la date de fin du projet, mais en acceptant de perturber l'exécution d'autres tâches.

$$M_t(u) = t_y^* - t_x - d(u) = t_u^* - t_u$$

B) Marge libre

Notée $M_L(u)$, c'est le retard maximum que l'on peut apporter au démarrage d'une tâche non seulement sans allonger le délai total de projet, mais aussi sans décaler l'exécution d'aucune autre tâche

$$M_L(u) = t_y - t_x - d(u)$$

C) Marge certaine

Notée $M_c(u)$, c'est le retard maximum qu'on peut apporter au démarrage d'une tâche sans perturber la réalisation au plus tôt de l'événement suivant bien que l'événement précédent n'a été réalisé qu'à sa date limite

$$M_c(u) = t_y - t_x^* - d(u)$$

2.8 Avantages de PERT

- **PERT permet :**
 - La visualisation de l'enchaînement des tâches ce qui facilite le contrôle ainsi que l'amélioration des prévisions du cout et du temps.
 - La détermination de la durée globale du projet et des tâches qui la conditionnent notamment sur les tracés de PERT.

3. La méthode CPM (Critical path method) [10]

La méthode **CPM** ou méthode du **chemin critique**, elle a été mise au point en 1954 par la société Dupont de Nemours. Elle est identique à la méthode **PERT** quant à la définition et au traitement des graphiques, mais elle ajoute une relation **coût-délai** utilisée pour optimiser le coût du projet. C'est en fait la méthode qui a été présentée comme solution type au problème d'ordonnement.

Elle s'efforce, en outre, d'optimiser la relation coût délai, c'est-à-dire de déterminer dans le cadre d'un délai imposé (cas le plus courant) les solutions conduisant au coût minimal.

Elle présente l'avantage de mettre systématiquement en évidence les chemins critiques et de déterminer la marge totale et la marge libre de chacune des tâches.

4. La Méthode des antécédents (Precedence diagram method, PDM)

A la différence de la méthode **PERT/CPM** le graphe ne comporte pas de tâches fictives. En outre cette représentation permet une grande variété de types de liaisons. Ce qui la rend beaucoup plus souple que la méthode **PERT/CPM** pour représenter des activités qui se chevauchent :

- Ü Liaison FIN à DEBUT avec délai d'attente.
- Ü Liaison DEBUT à DEBUT avec délai d'attente.
- Ü Liaison (DEBUT+X) à (DEBUT+Y) avec délai d'attente.
- Ü Liaison FIN à FIN avec délai d'attente.
- Ü Liaison DEBUT à FIN avec délai d'attente
- Ü Liaison combinée DEBUT à DEBUT et FIN à FIN
- Ü Les méthodes de représentation des réseaux sont schématisées ci-dessous.

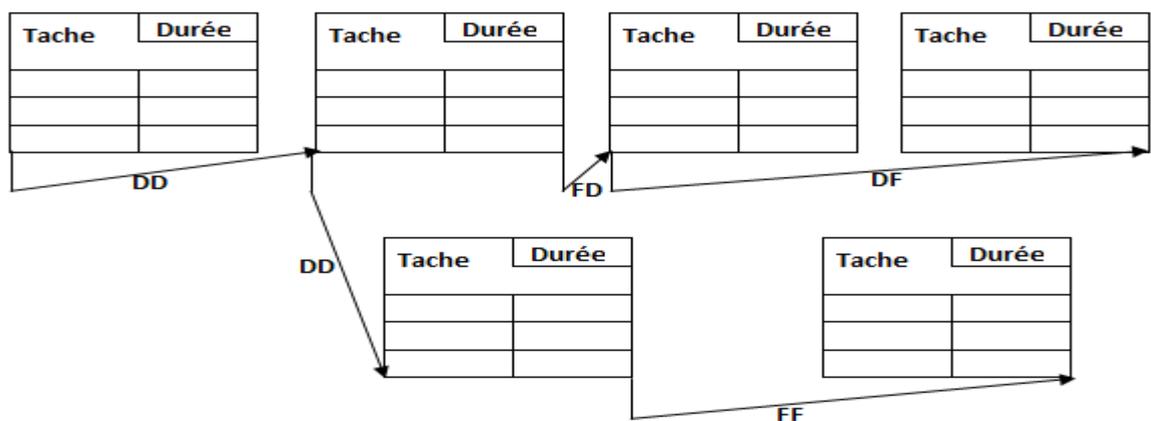


FIG 2.10 Représentation de la méthode des antécédents (méthode des potentiels).

5. La méthode des potentiels Métra (MPM) [19]

La méthode des potentiels Métra ou MPM, est une technique de gestion de projet, inventée par le Français Bernard ROY en 1958, en la même année que le **PERT**, Elle fut utilisée en 1959 pour l'aménagement des superstructures du paquebot (France), ainsi que pour la première centrale nucléaire française (EDF). Elle fait partie des méthodes dites **potentiel-**

tâches où les activités sont représentées par les sommets et les relations d'ordre entre activités successives par des liaisons contrairement à PERT.

5.1 Avantage et But

La représentation graphique de MPM à l'avantage de ne pas faire appel aux tâches fictives parfois nécessaires lors de la mise en œuvre d'un PERT.

Quelques fois préférée à la méthode PERT, La MPM est jugée beaucoup plus souple d'utilisation. Elle permet de :

- Déterminer la durée optimale nécessaire pour réaliser un projet dans les meilleurs délais;
- Définir les dates de début au plus tôt et au plus tard des tâches ;
- Calculer les marges des différentes tâches (marge de manœuvre pour l'équipe de pilotage du projet) ;
- Identifier les tâches qui ne doivent souffrir d'aucun retard sous peine de retarder l'ensemble du projet (tâches critiques) ;
- Etudier les coûts de réalisation de chaque tâche et le coût global du projet ;
- Effectuer le suivi du projet afin de détecter le plus tôt possible tout retard et appliquer à temps, des actions correctives.

6. Les méthodes de planification par une échelle de temps [15]

6.1 Diagramme de GANTT (Bar chart ou planning à barres)

6.1.1 Définition

Le diagramme de GANTT est un outil permettant de modéliser la planification de tâches nécessaires à la réalisation d'un projet. Il a été mis au point par Henry L. GANTT collaborateur de TAYLOR en 1917. C'est la représentation la plus connue et la plus utilisée en planification.

Il se présente sous forme d'un planning présentant en ligne les tâches élémentaires d'un projet et en colonne l'échelle du temps retenue (jours, semaines, mois...etc.).

Cette présentation permet donc de visualiser d'un simple coup d'œil les différentes étapes de réalisations et leurs états d'avancement, il existe plusieurs outils spécialisés dont les plus connus est Microsoft Project et Prima vira.

6.1.2 Réalisation

Les différentes étapes de réalisation d'un diagramme de Gantt sont les suivantes :

- Ø **Première étape** : déterminer et structurer la liste des tâches à réaliser pour mener à bien son projet.
- Ø **Deuxième étape** : estimation du cout et ressource des tâches identifiées.
- Ø **Troisième étape** : on représente d'abord les tâches n'ayant aucune antériorité, puis les tâches dont les tâches antérieures ont déjà été représentées, et ainsi de suite...
- Ø **Quatrième étape** : on représente par un trait parallèle en pointillé à la tâche planifiée la progression réelle du travail.
- Ø **Les ressources** : il est généralement possible (et utile) de faire apparaître des ressources, humaines ou matérielles, sur le diagramme, afin de permettre d'estimer les besoins et donner une idée du coût global.

Dans un souci de concision, les initiales ou les noms des responsables de chaque tâche seront parfois essentiels.

6.1.3 Intérêt du diagramme de Gantt

On peut le résumer :

- Ø Prévoir à l'avance les actions à entreprendre en vue de minimiser la durée de réalisation du projet.
- Ø Facilite la visualisation des tâches critiques et par là le chemin critique.
- Ø Gérer les éventuels conflits de ressources.
- Ø Est un outil de communication par excellence entre les différents acteurs du projet.

Exemple de diagramme de GANTT

Soit un projet composé de 5 tâches dont les durées de réalisation et les contraintes d'antériorités sont données dans le tableau suivant :

Tâches	Antériorités	Durée (semaine)
Installation du chantier	-	2
Terrassement	-	4
Maçonnerie	Installation du chantier	4
Electricité	Installation du chantier, terrassment	5
Chauffage	Maçonnerie, Electricité	6

Tableau 2.1 les tâches d'un projet

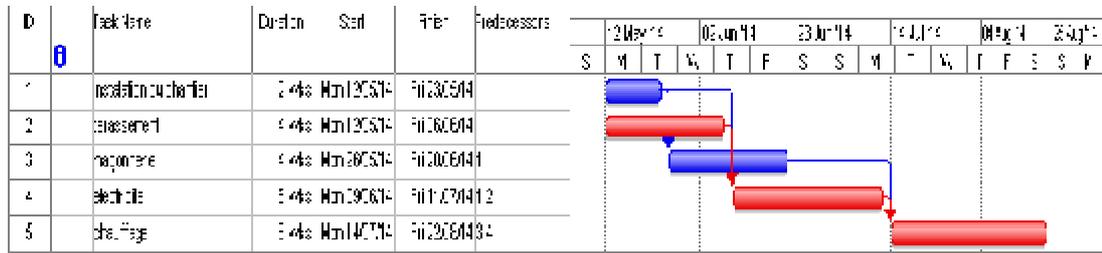


Tableau 2.2 Diagramme de GANTT.

7. Méthode PERL (planification d'ensemble par réseau linéaire) [19]

Cette méthode a fait son apparition en 1957 par Charles Auguste Villemain, elle présente les activités systématiquement sur des lignes horizontales et n'utilise que des liaisons directes explicitées (fin - début) chaque fois qu'elles participent à des nœuds seulement (étapes constituées de deux relations d'ordre ou plus).

Exemple

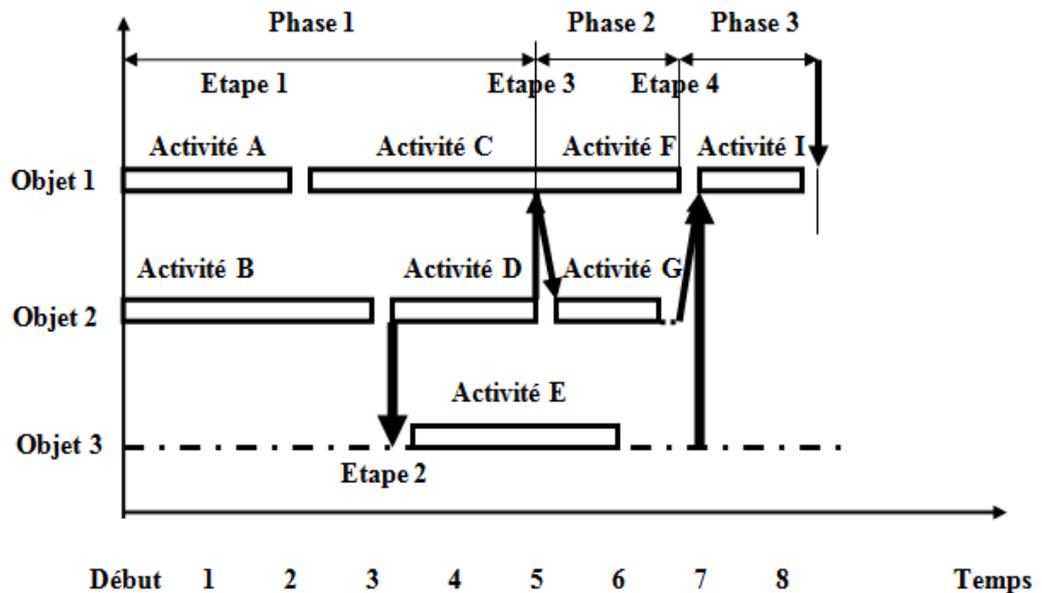


FIG 2.11 Représentation de la méthode PERL

8. Méthode du chemin de FER

Par analogie avec les diagrammes utilisés pour les horaires de chemin de fer, cette méthode s'applique à des projets faisant succéder des travaux à avancement linéaire et séquentiel.

Exemple

- ∅ pose d'oléoducs, travaux routiers, immeubles tours, etc....
- ∅ Le graphique représente l'avancement des divers corps d'état :
 - le temps en abscisses
 - Et le point d'avancement (kilomètre, étage, etc....) en ordonnées

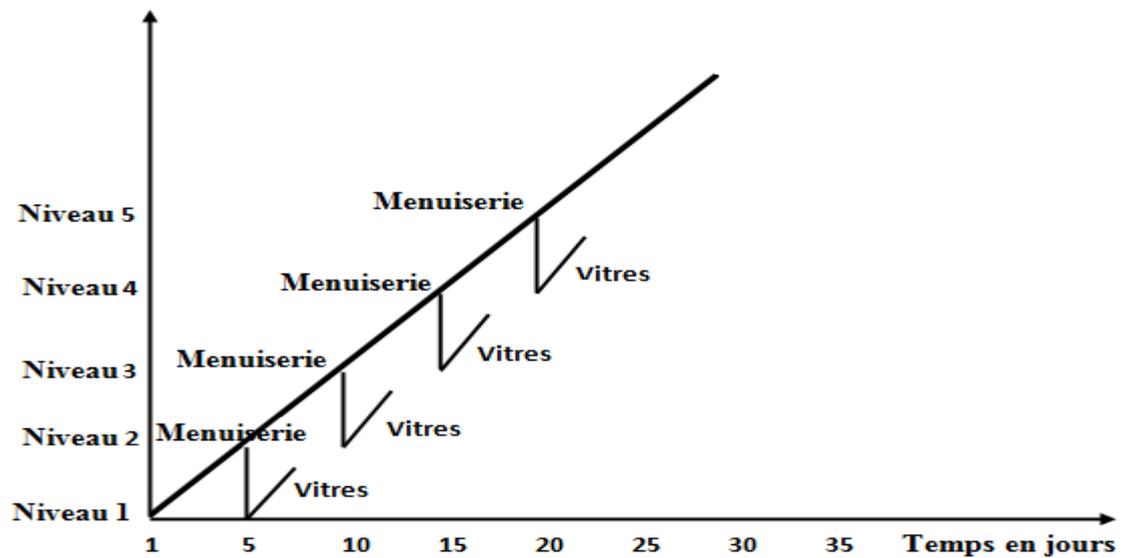


FIG 2.12 Le planning chemin de FER intervention discontinue du vitrier

2.2.6 Conclusion

En concluons que les problèmes d'ordonnement des projets occupe une classe importante dans la recherche opérationnelle. Il consiste à programmer dans le temps un ensemble de taches, en tenant compte de diverses contraintes (ressource, cout et l'enchainement entre les taches) dans le but d'optimiser un critère tel que la durée total du projet, le nombre de taches en retard...etc.

Chapitre 2 : Technique d'ordonnement de projet

Ces problèmes surgissent dans de nombreux domaines tel que : la gestion de projet, chaînes de production industrielle, télécommunication, systèmes informatiques, transport... etc. [16]

Leurs efficacités peuvent se résumer comme suit :

- Ø offrir un moyen simple de représenter clairement et complètement le déroulement d'un projet.
- Ø déterminer les tâches qu'il conviendra de surveiller particulièrement du point de vue du respect du délai global, c'est-à-dire les tâches critiques.
- Ø Très bon Outil de communication entre les acteurs du projet.
- Ø permettre de suivre aisément l'avancement du projet et être susceptible de recevoir facilement des modifications.
- Ø Optimiser le coût (en personnels et en moyens matériels).

3.1. Introduction

Après avoir identifié toutes les tâches liées au projet (chapitre 1) ; désormais notre objectif se focalise en l'élaboration d'un planning (calendrier) pour le déroulement de ces différentes tâches qui composent notre projet, ainsi que l'estimation de la durée de chaque tâche ; et cela afin de déterminer la date de la livraison de ce dernier, ainsi que la minimisation de son coût total de réalisation.

3.2. Consistance

La planification d'un projet consiste à :

- 1) Découper le projet en phases.
- 2) Découper les phases en tâches.
- 3) Définir la logique d'enchaînement des tâches.
- 4) Analyser les résultats (délai final, chemin critique, les marges,...)
- 5) Optimiser le planning :
 - Ø en changeant certain enchaînement logique
 - Ø en modifiant la durée de certaines tâches.
- 6) Editer le planning sous une forme temporelle claire et bien adaptée aux divers utilisateurs.

3.3. Objectifs

Les objectifs principaux de notre planification sont les suivants:

- Ø Minimiser la durée d'exécution totale du projet PK00 .
- Ø Minimiser le coût total du projet.
- Ø Gestion optimale des ressources.

3.4. Estimation de la durée des tâches

C'est le processus qui consiste à estimer le nombre de périodes de travail requises pour achever chacune des tâches avec les ressources estimées. La durée d'une tâche est souvent fonction de l'importance des ressources affectées pour la réaliser. Pour cela il existe quatre techniques qui sont les suivantes:

3.4.1 Jugement d'expert [23]

Basé sur l'information historique, le jugement d'expert peut fournir des informations sur l'estimation de la durée maximale recommandée des activités provenant de projets antérieurs similaires.

3.4.2 Estimation par analogie [23]

L'estimation par analogie utilise les paramètres d'un projet antérieur similaire, tels que la durée, le budget, la taille, la charge et la complexité, comme base pour l'estimation des Paramètres ou mesures semblables dans un projet futur. L'estimation de la durée par analogie est fréquemment utilisée pour estimer la durée d'un projet lors que l'on dispose de peu d'informations détaillées sur ce dernier, comme c'est le cas, par exemple, lors des phases initiales d'un projet. L'estimation par analogie utilise l'information historique et le jugement d'expert. Le plus souvent, l'estimation par analogie est moins onéreuse et prend moins de temps que les autres techniques, mais en revanche, elle est moins précise.

3.4.3 Estimation paramétrique [23]

L'estimation paramétrique utilise une relation statistique entre les données historiques et les autres variables pour estimer les paramètres d'une activité, tels que le coût, le budget et la durée. La durée des activités peut être quantitativement déterminée en multipliant la quantité du travail à effectuer par le nombre d'heures de main d'œuvre par unité de travail.

Par exemple, Pour un projet de câblage, en multipliant le métrage de câble par le nombre d'heures de travail par mètre de câble ; Si les ressources allouées sont capables d'installer 25 mètres de câble par heure, la durée requise d'installation de 1000 mètres de câble sera de 40 heures. (1000mètres divisé par 25 mètres par heure).

3.4.4 Estimation à trois points (loi Béta)

La durée (t) de chaque tâche du projet est considérée comme aléatoire, de distribution Béta. Les paramètres de la distribution Béta sont calculés moyennant, une hypothèse de calcul

**Chapitre 3: Planification par la méthode d'ordonnement de projet
appliquer au Terminal de départ (PK00) du GAZODUC GR5 REGANNE -
HASSI R'MEL**

assez forte à partir des trois paramètres (A) , (B) et (M_0) . Il suffit donc de poser les trois questions suivantes:

- Quelle est la durée minimale de réalisation de la tâche ?
- Quelle est la durée maximale de réalisation de la tâche ?
- Quelle est la durée la plus probable ?

Pour obtenir respectivement les paramètres (A) , (B) et (M_0) qui permettent de calculer la moyenne, à partir de la formule suivante:

$$E(t) = \frac{A+B+4M_0}{6}$$

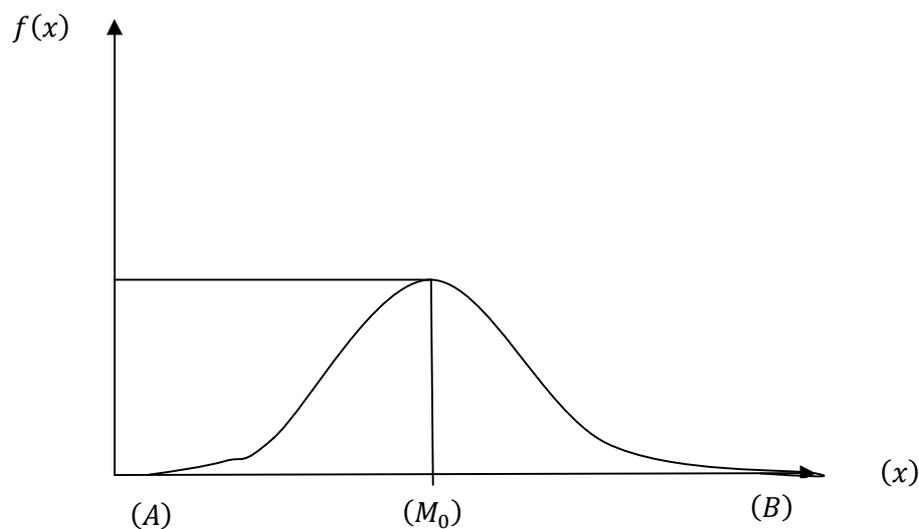


FIG 3.1 Distribution Bêta

3.5. Structure de répartition du travail WBS (Working Breakdown Structure). [09]

Chapitre 3: Planification par la méthode d'ordonnement de projet appliquer au Terminal de départ (PK00) du GAZODUC GR5 REGANNE - HASSI R'MEL

Le WBS répond à la question quoi-faire ? C'est une décomposition arborescente orienté d'un projet, qui montre une subdivision de l'effort requis pour atteindre un objectif.

Dans un projet le WBS est développé en commençant par l'objectif final et successivement le subdiviser en éléments gérables en termes de taille, la durée et la responsabilité qui comprennent toutes les mesures nécessaires pour atteindre cet objectif.

3.6. OBS (Organisation Breakdown Structure)

L'OBS répond au qui est responsable de quoi ? Et qui fait quoi ? Il fait le lien entre les tâches et les personnes (physiques ou morales). Il permet de définir les responsabilités et les actions dans les tâches. Dans la pratique, cependant, on ne produit pas une arborescence calquée sur le WBS mais une matrice avec les tâches d'un coté et les personnes de l'autre. Le remplissage de cette matrice fait alors office d'OBS.

3.7. La matrice RACI

Est une matrice qui met en évidence les responsabilités et les rôles des Intervenants au sein de chaque processus et /ou activité. Cette matrice représente l'organisation du travail en reliant dans un tableau commun le WBS et L'OBS. Elle offre aussi une vision simple et claire de qui fait quoi dans le projet en permettant d'éviter une redondance des rôles ou une dilution des responsabilités. Elle est remplie non seulement de façon binaire mais avec les quatre lettres du RACI qui signifient:

R: Pour le ou les responsables opérationnels (Responsible), c'est-à-dire ceux qui effectuent la tâche.

A: Pour le responsable final (Accountable), c'est-à-dire celui qui rend des comptes.

C: Pour le ou les personnes consultées (Consulted).

I: Pour le ou les personnes informées (Informed).

**Chapitre 3: Planification par la méthode d'ordonnancement de projet
appliquer au Terminal de départ (PK00) du GAZODUC GR5 REGANNE -
HASSI R'MEL**

3.8. Tableau récapitulatif des taches ; leurs durées et leurs organisations

Destination	Nom de la tache	Durées estimées (mois)	Prédécesseurs
A	Génie Civil	5	/
B	Montage mécanique et revêtement	9	A -1 mois
C	Essais hydrostatiques	4	B - 2 mois
D	Raccordement	7	B – 1 mois
E	Electricité	6	A – 2 mois
F	Instrumentation	6	E – 2 mois
G	Protection cathodique provisoire-définitive	6	E – 1mois
H	Système télécommunication / Scada	6	E – 1mois
I	Cuve climatisation passive	5	A – 1,5 mois
J	Système panneau solaire	5	E – 2 mois
K	Réseau anti intrusion	5	I – 3 mois
L	Clôture, Portail, Routes	6	A – 3 mois
M	Remise en état des lieux	4	C, D, F, G, H, J, K, L – 2mois

Tableau 3.1 les différentes taches de TD PK00;GR5

3.9. Répartition des taches par niveau [21]

Le niveau d'une activité correspond au plus grand nombre d'activités rencontrées sur un même itinéraire depuis le début du projet plus un. Pour déterminer le niveau des activités, on procède comme suit. On place au premier niveau les activités qui n'ont aucun ancêtre et on raye ces activités de la liste des activités. On continue comme suit :

- Ø **Etape 1** : on raye dans la colonne des ancêtres les activités qui viennent d'être affectées au dernier niveau analysé.
- Ø **Etape 2** : les activités du nouveau niveau sont les activités non rayées de la colonne des activités qui n'ont plus d'ancêtres. Après affectation au nouveau niveau, ces activités sont rayées dans la colonne des activités.
- Ø **Etape 3** : s'il reste des activités non rayées dans la colonne des, activités, on repart à l'étape1. Sinon le processus est terminé.

**Chapitre 3: Planification par la méthode d'ordonnancement de projet
appliquer au Terminal de départ (PK00) du GAZODUC GR5 REGANNE -
HASSI R'MEL**

Désignation	Taches	Prédécesseurs	N 1	N 2	N 3	N 4
1	Génie Civil	/	1			
2	Montage mécanique et revêtement	1		2		
3	Essais hydrostatiques	2			3	
4	Raccordement	2			4	
5	Electricité	1		5		
6	Instrumentation	5			6	
7	Protection cathodique provisoire-définitive	5			7	
8	Système télécommunication / Scada	1		8		
9	Cuve climatisation passive	1		9		
10	Système panneau solaire	5			10	
11	Réseau anti intrusion	9			11	
12	Clôture, Portail, Routes	1		12		
13	Remise en état des lieux	2, 4, 6, 7, 8, 10, 11, 12				13

Tableau 3.2 Classement des taches par rang.

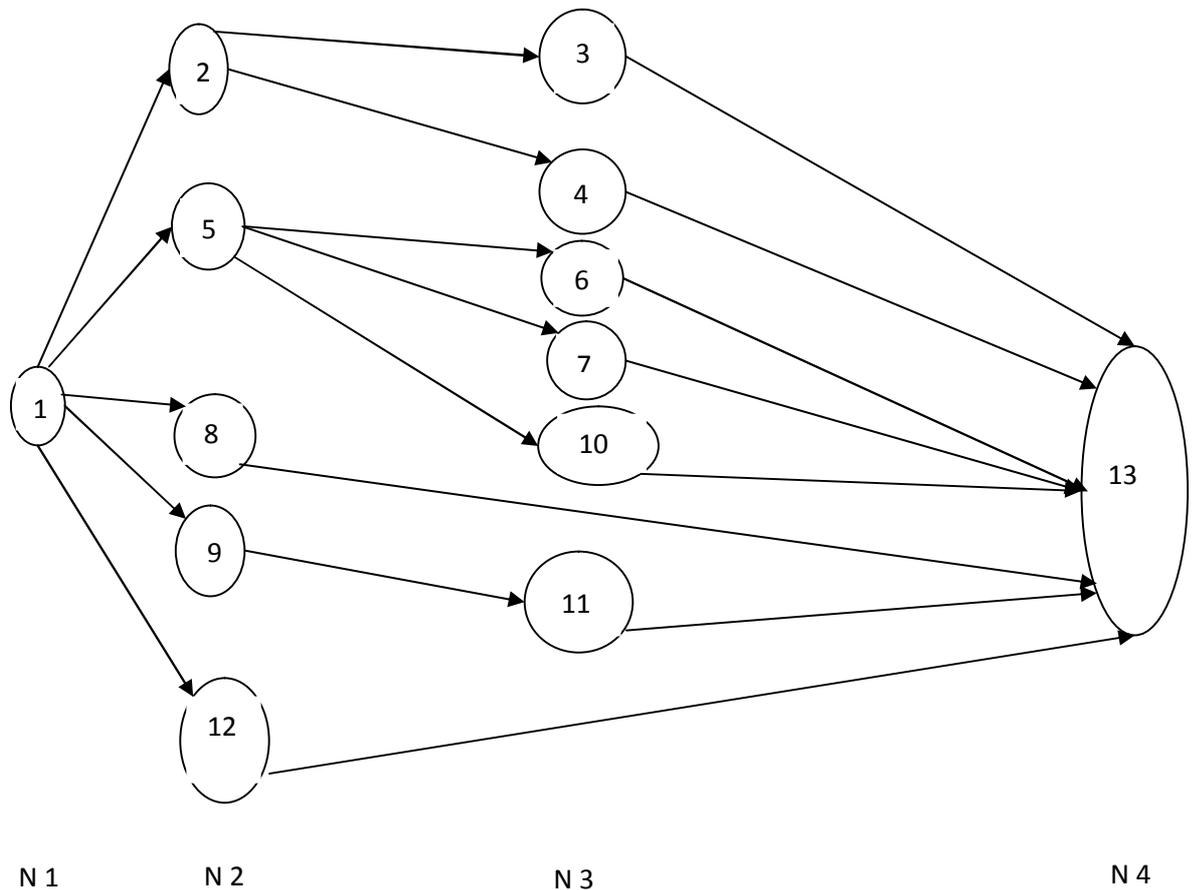


FIG 3.2 Graphe des précédences par niveau

3.10. La Construction du réseau PERT

A l'aide du tableau 3.1 on peut construire le réseau PERT associé au TD PK0 du projet GR5 comme suit:

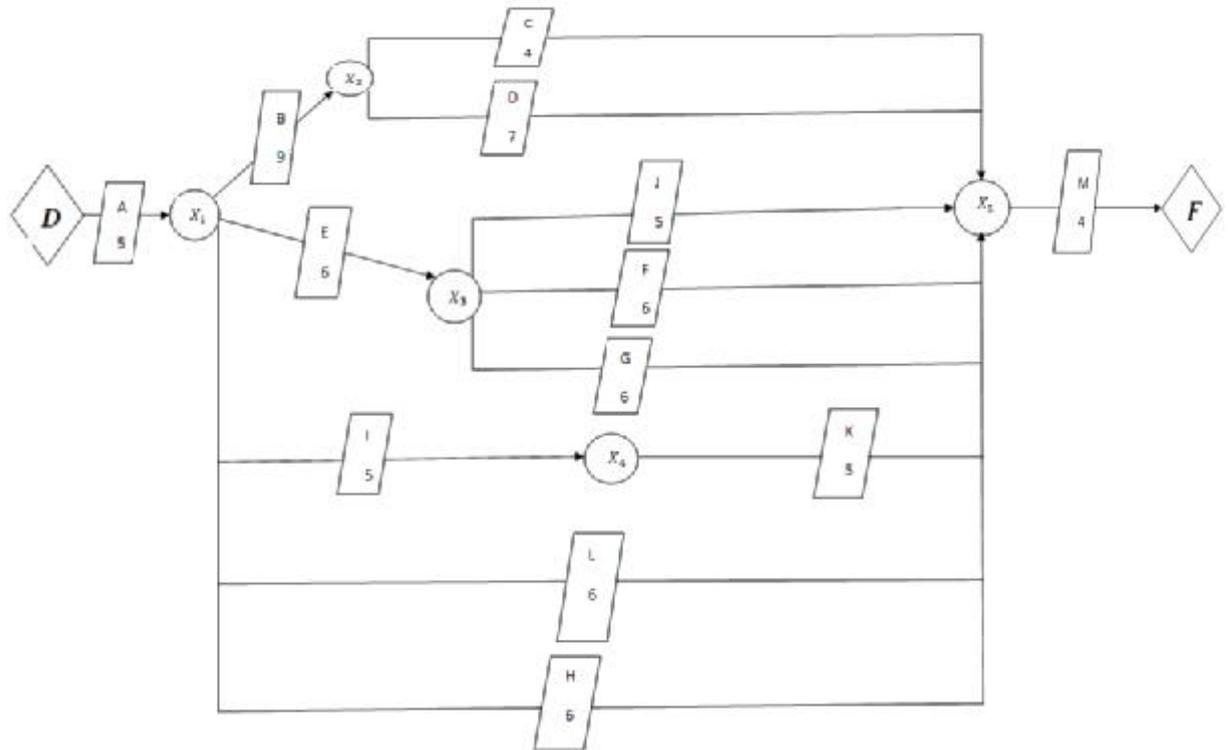


FIG 3.3 Réseau PERT du TD PK0

3.11. Calcul de l'ordonnancement pour le PK00

3.11.1 Détermination des dates du début au plus tôt et au plus tard des événements

3.11.1.1 Les date au plus tôt des événements

$$\S \quad t_D = 0$$

$$\S \quad t_{x_1} = t_D + d(A) = 0 + 5 = 5$$

$$\S \quad t_{x_2} = t_{x_1} + d(B) = 5 + 9 = 14$$

$$\S \quad t_{x_3} = t_{x_1} + d(E) = 5 + 6 = 11$$

$$\S \quad t_{x_4} = t_{x_1} + d(I) = 5 + 5 = 10$$

$$t_{x_5} =$$

$$\max_i \left[\begin{array}{l} t_{x_1} + d(L); t_{x_1} + d(H); t_{x_2} + d(C); t_{x_2} + d(D); \\ t_{x_3} + d(J); t_{x_3} + d(F); t_{x_3} + d(G); t_{x_4} + d(K) \end{array} \right]$$

**Chapitre 3: Planification par la méthode d'ordonnancement de projet
appliquer au Terminal de départ (PK00) du GAZODUC GR5 REGANNE -
HASSI R'MEL**

$$\max_i [11; 11; 18; 21; 16; 17; 17; 15] = 21$$

$$\S \quad t_F = t_{x_5} + d(M) = 21 + 4 = 25$$

Remarque

t_F Correspond au temps minimal de réalisation de ce projet qui est de 25 mois.

3.11.1. 2 Les date au plus tard des événements

$$\S \quad t_F^* = t_F = 25$$

$$\S \quad t_{x_5}^* = t_F^* - d(M) = 25 - 4 = 21$$

$$\S \quad t_{x_4}^* = t_{x_5}^* - d(K) = 21 - 5 = 16$$

$$\S \quad t_{x_3}^* = \min_i [t_{x_5}^* - d(G); t_{x_5}^* - d(F); t_{x_5}^* - d(J)] = \min_i [15; 15; 16] = 15$$

$$\S \quad t_{x_2}^* = \min_i [t_{x_5}^* - d(C); t_{x_5}^* - d(D)] = \min_i [17; 14] = 14$$

$$\S \quad t_{x_1}^* = \min_i [t_{x_5}^* - d(L); t_{x_5}^* - d(H); t_{x_4}^* - d(I); t_{x_3}^* - d(E); t_{x_2}^* - d(B)] = \min_i [15; 15; 11; 9; 5] = 5$$

$$\S \quad t_D^* = 0$$

3.11.2 Le calcul des différentes marges des taches dans le réseau PERT

Tache	Date de début au plus tard t_y^*	Date de début au plus tot t_x	Marge totale $M_t(u) = t_y^* - t_x$	Marge libre $M_L(u) = t_{*y} - t_x - d(u)$
A	0	0	0	5-0-5=0
B	5	5	0	14-5-9=0
C	14	14	0	21-14-4=3
D	14	14	0	21-14-7=0
E	5	5	0	15-5-6=4
F	15	11	4	21-11-6=4
G	15	11	4	21-11-6=4
H	5	5	0	21-5-6=10
I	5	5	0	16-5-5=6
J	15	11	4	21-11-5=5

**Chapitre 3: Planification par la méthode d'ordonnancement de projet
appliquer au Terminal de départ (PK00) du GAZODUC GR5 REGANNE -
HASSI R'MEL**

K	16	10	6	21-10-5=6
L	5	5	0	21-5-6=10
M	21	21	0	25-21-4=0

Tableau 3.3 Tableau des marges

3.11.3 Mise en évidence du chemin critique sur le réseau PERT

Une tâche est dite critique si est seulement si sa marge totale $M_L(u) = t_{*y} - t_x - d(u) = 0$ comme le montrer le tableau 3.3.

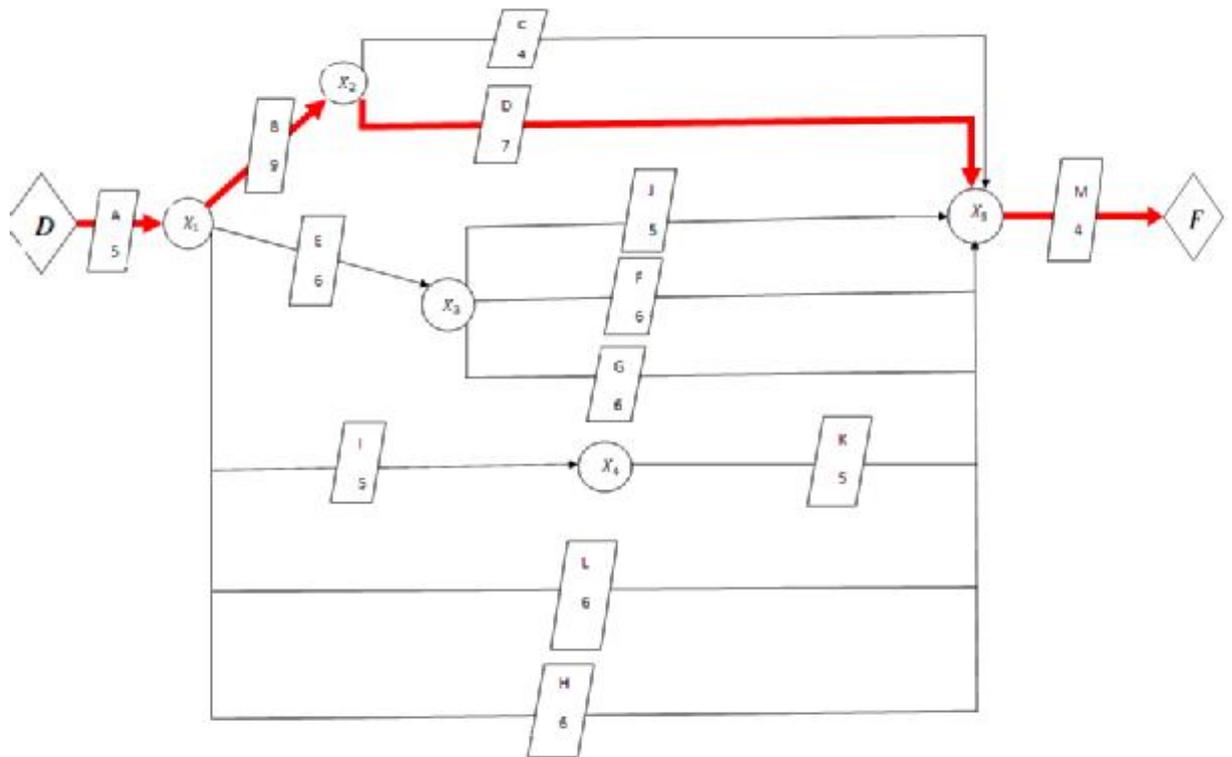


FIG 3.4 Mise en évidence du chemin critique sur le réseau PERT

3.12. Conclusion

Après avoir établi le planning de déroulement des événements du Terminal de Départ (PK00) du projet GR5, et après l'application des différentes méthodes et techniques d'ordonnancement sur ce dernier, nous avons obtenu le résultat suivant :

- Ø La durée de réalisation du TD PK0 est de 2ans et 1mois soit 25mois à compter de la date de départ du projet qui est le 21 /04/2014. Au lieu des 26 mois prévus par SAIPEM.

4.1. Introduction

La programmation linéaire est un outil très puissant de la recherche opérationnelle. C'est un outil générique qui peut résoudre un grand nombre de problèmes. En effet, une fois un problème modélisé sous la forme d'équation linéaire, des méthodes assurent la résolution du problème de manière exacte.

4.2. Généralités sur la programmation linéaire

4.2.1 Définition

La programmation linéaire(PL) a été introduite par le russe Kantorovitch et la première résolution a été faite par l'américain G.B.Dantzig en 1951. Généralement, on appelle programme mathématique un problème d'optimisation d'une fonction objectif de plusieurs variables en présence de contraintes. Le programme est dit linéaire si la fonction et les contraintes sont toutes des combinaisons linéaires de variables. [1]

Il a la forme générale suivante. Il comporte n variables non négatives (3), m contraintes d'égalité ou d'inégalité (2), et la fonction objective (fonction de coût) à optimiser (1). Le coefficient de coût ou de profit de la variable x_j est noté c_j ce lui de la variable x_j dans la contraintes i est noté a_{ij} . La contrainte i a un second membre constant b_i . Les contraintes simples de positivités ne sont pas incluses dans les m contraintes, car sont gérées à part dans les algorithmes. [16]

$$\left\{ \begin{array}{l} (1) \max \text{ ou } \min Z = \sum_{j=1}^n c_{ij}x_j \\ (2) \forall i = 1 \dots m: \sum_{j=1}^n a_{ij}x_j \leq, = \text{ ou } \geq b_i \\ (3) \forall j = 1 \dots n: x_j \geq 0 \end{array} \right.$$

4.2.2 Forme matricielle classique et quelques conversions [16], [5]

Notons $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)^t$ le vecteur des variables, $b = (b_1, b_2, \dots, b_m)^t$ celui des seconds membres des contraintes, $C = (c_1, c_2, \dots, c_n)^t$ les coûts ou profit associés aux variables, et A la matrice $m \times n$ des a_{ij} . On peut alors écrire un programme linéaire sous forme matricielle. Deux formes sont courantes :

Chapitre 4 : Utilisation la technique de programmation linéaire avec le langage Visual Xpress

∅ La forme canonique avec des contraintes \leq , utilisé pour la résolution graphique.

$$\begin{cases} \text{Max } C^t \cdot X \\ A \cdot X \leq b \\ x \geq 0 \end{cases}$$

∅ La forme standard avec égalités, pour la résolution algébrique par des algorithmes (algorithme de simplexe). Par convention, la forme standard est exprimée avec des seconds membres positifs.

$$\begin{cases} \text{Max } C^t \cdot X \\ A \cdot X = b \\ x \geq 0 \end{cases}$$

Ces formes ne servent qu'à simplifier les présentations théoriques. Dans la réalité, un PL peut comporter à la fois des égalités et des inégalités. On peut facilement convertir les formes mixtes en classique. Ainsi, toute contrainte d'égalité peut être remplacée par deux inégalités.

$$\sum_{j=1}^n a_{ij}x_j = b_i \Leftrightarrow \begin{cases} \sum_{j=1}^n a_{ij}x_j \leq b_i \\ \text{et} \\ -\sum_{j=1}^n a_{ij}x_j \leq -b_i \end{cases}$$

On peut convertir une inégalité en égalité en ajoutant ou soustrayant une variable d'écart $e_i \geq 0$, propre à chaque contrainte i .

$$\sum_{j=1}^n a_{ij}x_j \leq b_i, e_i \geq 0 \Leftrightarrow \sum_{j=1}^n a_{ij}x_j + e_i = b_i$$

Si l'objectif consiste à minimiser une fonction linéaire, $Z = C^t \cdot X$, on peut passer d'une maximisation à une minimisation, car maximiser Z revient à minimiser $-Z$.

L'exigence de variables positives n'est pas restrictive, car une variable x_j non contrainte en signe peut toujours s'écrire comme une différence $x'_j - x''_j$ de deux variables non négatives.

4.2.3 Quelques terminologies [3], [16]

- Ø Tout vecteur x vérifiant les contraintes (2) et (3) appelé solution réalisable (admissible) du problème (1)-(3).
- Ø Une solution réalisable x^0 est optimal si $c'x^0 = \max (c'x)$, pour toute solution réalisable x .
- Ø Une solution réalisable est de base si $(n - m)$ de ses composantes sont nulles, et au autres, $x_{j_1}, x_{j_2}, \dots, x_{j_m}$ correspondent m vecteurs $a_{j_1}, a_{j_2}, \dots, a_{j_m}$ de la matrice de condition A linéairement indépendants.
- Ø Un programme linéaire 0-1 est un cas particulier de PLNE dont les variables ne peuvent prendre que deux valeurs 0-1, ces variables sont dite booléennes, binaire.
- Ø Un PL mixte peut comprendre à la fois des variables continues et des variables entières.
- Ø En fin, à partir du moment ou au moins une contrainte ou la fonction objectif n'est plus une combinaison linéaire de variables, on a affaire à un programme non linéaire.

4.2.4 La notion dualité

Tous les programmes linéaires peuvent s'écrire sous la forme générale suivante:

$$\begin{cases} \max Z = C^t x \\ SC \quad Ax \leq b \\ x \geq 0 \end{cases}$$

Où C et x sont des vecteurs de taille n , b un vecteur de taille m , et A une matrice de taille $m \times n$. Si on désigne cette représentation sous le terme de forme primale, on désigne alors sous le terme de **forme duale** le problème suivant:

$$\left\{ \begin{array}{l} \min \omega = b^t y \\ SC \quad A^t y \geq C \\ y \geq 0 \end{array} \right.$$

Où A , b et C sont les mêmes et y un vecteur de taille m

Les deux problèmes sont très fortement liés. Si l'un d'entre eux possède une solution optimale, alors l'autre aussi. De plus, les deux solutions optimales ont alors la même valeur ($\omega^* = Z^*$). Si l'un d'entre eux est non-borné, l'autre ne possède pas de solution [3], [16].

La dualité est très utilisée en programmation linéaire, notamment pour faciliter les calculs. Par exemple, un PL avec dix variables et deux contraintes ne peut pas être résolu graphiquement, tandis que cela ne pose pas de problème pour son dual à deux variables et dix contraintes.

4.2.5 Algorithme de simplexe

L'algorithme du simplexe est une méthode de résolution des programmes linéaires fondés sur l'idée que l'on peut, à partir d'une solution de base quelconque, progresser vers l'optimum par une suite d'itérations. Il sera naturellement possible de comparer toute ses solutions de base, on constate qu'elles sont en très grand nombre; ainsi, dans un programme à n variables et m contraintes, il y en a:

$$C_n^m = \frac{n!}{m! (n - m)!}$$

Par conséquence, même en retenant uniquement toutes les solutions possibles, (variables positives ou nulles), il en aurait beaucoup à examiner. Le mathématicien **Dantzig** nous a procuré des critères qui permettent de limiter le nombre d'itérations.

En utilisant ces critères, nous sommes certains d'améliorer la situation à chaque itération et de progresser vers l'optimum sans retour en arrière.

4.2.6 Algorithme de simplexe (méthode pratique)

La méthode pratique combine l'emploi des critères de **Dantzig** et celle de Gauss dans un système de tableau. De cette façon, on obtient des tableaux successifs représentatifs des itérations d'une façon purement mécanique. Dès que l'on connaît la façon de procéder, il n'y plus besoin de réfléchir : le procédé peut naturellement être mis sur informatique.

4.2.7 Les éléments d'un modèle d'optimisation

Ø Variable de décision

La première étape dans le processus de modélisation est d'identifier concrètement toute ses variables de décisions (inconnues) de la situation à modéliser.

Ø Fonction objectif

A chaque variable de la décision correspondante à un objectif poursuivi. Ensuite en déduit la fonction objective qu'on veut optimiser (à maximiser ou à minimiser).

Ø Contraintes

Dans la problématique de la décision, il faut être en mesure d'identifier tout genre de restriction (main d'œuvre, espace, budget, . . .), qui limite les valeurs qui peuvent prendre les variables de décisions. Existe-t-il également des restrictions exigences minimales sur les variables de décisions (contraintes de marché, politique de l'entreprise, . . .).

A chaque restriction, limitation ou exigences, correspond habituellement une contrainte qui prendra la forme d'une équation

L'ensemble des contraintes ainsi formulé constitue le domaine des solutions possibles au modèle.

4.3. Logiciel Visual Xpress (interface et langage)

4.3.1 Rôle de logiciel [16]

Visual Xpress(VX) version 3 pour Windows, qui est également disponible sur d'autres plateformes comme Unix. Il intègre un modéleur. Un solveur et éditeur pour saisir et modifier les modèles et les données. Il permet de résoudre un grand nombre de problème de la recherche opérationnelle :

- Ø Les problèmes de la programmation linéaire (avec 100 000 variables et contraintes).
- Ø Les problèmes de la programmation linéaire en nombre entier (avec 1000 variables et

Chapitre 4 : Utilisation la technique de programmation linéaire avec le langage Visual Xpress

contraintes).

- ∅ Les problèmes de la programmation linéaire mixte (avec plus de 1000 variables et contraintes).

4.3.2 Interface du logiciel [5]

Lors du lancement du logiciel Visual Xpress la fenêtre ci-dessous apparaîtra.

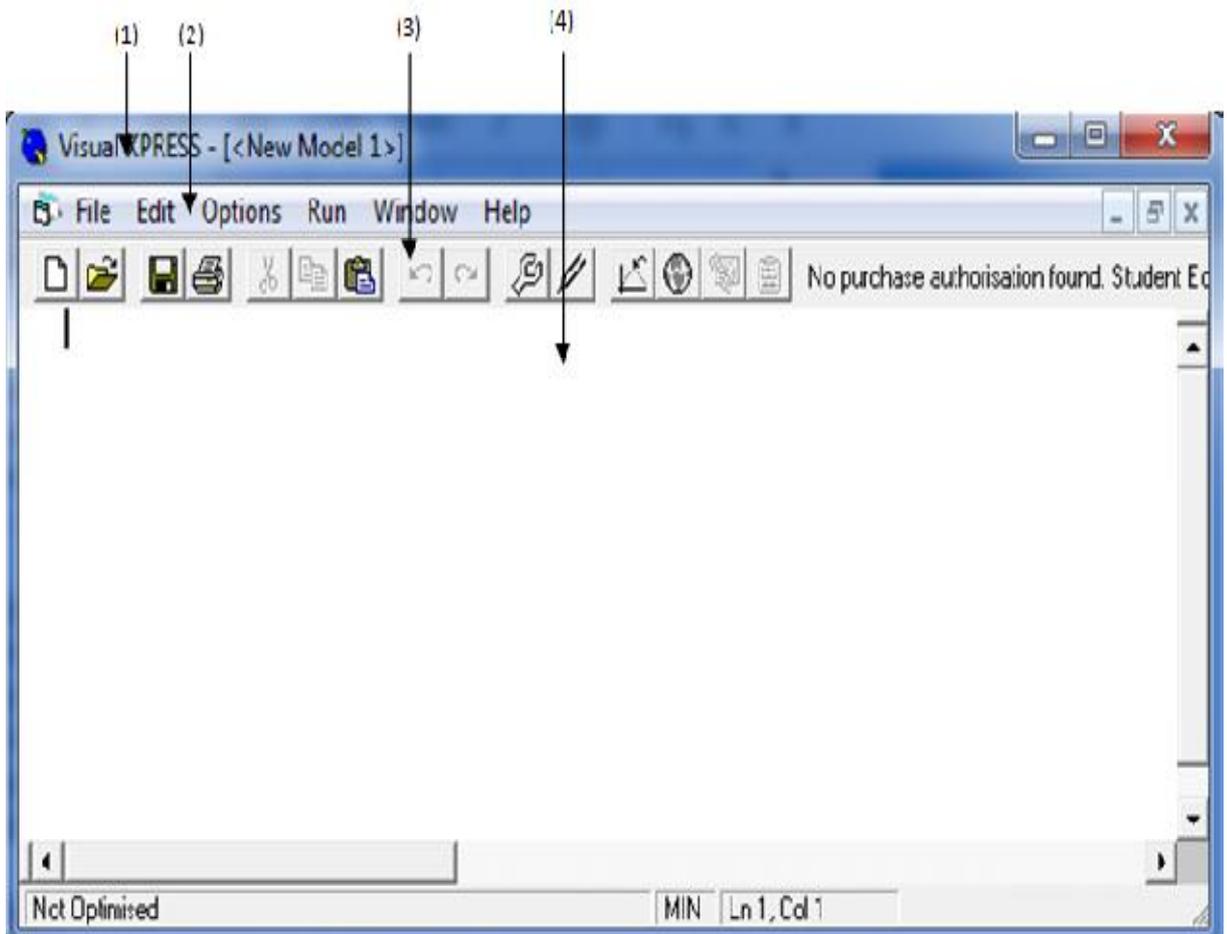


FIG 4.1 Fenêtre principale de logiciel Visual Xpress

1. **La barre de titre** : Affiche le nom du logiciel et le nom du programme.
2. **La barre de menu** : Affiche les principales commandes du logiciel.
3. **Barre d'outils** : Affiche des boutons, ce ne sont autres que des raccourcis permettant de réaliser les opérations courantes du modèle.

4.3.3 Syntaxe de Visual Xpress

Chapitre 4 : Utilisation la technique de programmation linéaire avec le langage Visual Xpress

CONSTRAINTS ! Maximiser la satisfaction générale

Satisfaction général: $\text{Sum}(i = 1:n, j = 1:n) P(i, j) * X(i, j) * \$$

Un étudiant pour Projet (i): $\text{Sum}(i = 1:n) X(i, j) = 1$

Un projet pour étudiant (j) $\text{Sum}(i = 1:n) X(i, j) = 1$

BOUNDS

$X(i = 1:n, j = 1:n).bv.$

END.

- **Remarque:** Les mots clés de langage sont soulignés, les autres ont été choisies par l'utilisateur.
- **Analyse :**
 - Ø La matrice des préférences a été saisie au préalable dans le fichier **matrice.mod**, qui est lu par la commande **DISKDATA**. La fonction objective (à maximiser au moment de la résolution) est la somme de la préférence obtenue par l'affectation.
 - Ø Le premier groupe de contraintes garantit qu'un étudiant est affecté à un projet.
 - Ø Le deuxième oblige à affecter chaque projet à un seul étudiant.

4.3.3.2 Structure générale du langage Visual Xpress

Un programme commence par MODEL (avec un nom au choix) et se termine par END. Il peut comporter les sections suivantes:

- Ø **LET** : Définition de constantes comme const en pascal
- Ø **TABLES** : Définition de tableaux de constantes avec leurs dimensions.
- Ø **DATA**: Initialisation de table en dure
- Ø **DISKDATA**: chargement de tableaux à partir d'un fichier
- Ø **ASSIGN** : calcul de constantes à partir d'autres constantes.
- Ø **CONSTRAINTS** : fonction objective et contrainte
- Ø **BOUNDS** : borne simple sur les variables et contraintes (Exemple.**bv**.variable binaire)

Tous ces noms sont des mots clés et doivent être sur leur ligne sauf MODEL qui est suivi d'un nom.

4.3.3.3 Les étapes d'exécution d'un programme sous logiciel Visual Xpress

- 1) Avant de résoudre un problème chargé dans l'éditeur, on doit assurer d'abord le sens de l'optimisation (min ou max) dans le menu « **problem** » commande « **optimiser options** ».
- 2) Il faut ensuite résoudre le PL avec l'icône « **SOLVE LP** » du menu « **RUN/SOLVE PL** ».
- 3) Si le programme n'est pas correct, des messages d'erreurs apparaissent dans une fenêtre en bas d'écran. Dans ce cas on clique sur les messages pour se positionner dans le programme à l'emplacement des erreurs pour les corriger.
- 4) Si le programme est correct, la matrice de PL est générée et passée à l'optimisateur. Une fois la résolution terminée, le nombre d'itération et la valeur de la fonction objective s'affichent.
- 5) Pour obtenir des détails complets des résultats il faut cliquer sur la commande « **View log** ».

4.4. Planification et optimisation du projet GR5 par la méthode de programmation linéaire

4.4.1 Réalisation d'un planning prévisionnel

4.4.1.1 Modélisation du problème

Il s'agit d'un programme classique d'ordonnancement. Ajoutons au (Tableau 3.1) une tâche fictive de durée nulle qui correspond à la fin du projet. Puis on considère que les tâches sont indicées par i variant de 1 à n (n étant la tâche fictive).

On dénote par p_i la durée de la tâche i . Pour noter les précédences entre les tâches on s'appuie sur le graphe des précédences $G = (X, U)$ défini par l'ensemble des tâches X Et l'ensemble des arcs U .

De plus nous avons besoin de variables t_i pour les tâches de début au plus tôt des tâches i .

Les seules contraintes à respecter sont les contraintes de précédence, c'est-à-dire une tâche j ne peut démarrer que si toutes les tâches qui la précèdent sont terminées. Ce qui se traduit par

Chapitre 4 : Utilisation la technique de programmation linéaire avec le langage Visual Xpress

la contrainte (2) appelée contrainte de potentiel : s'il existe un arc entre i et j , alors la date de fin de i , $(t_i + p_i)$ ne doit pas dépasser la date de début de j .

L'objectif final est la minimisation de la date de fin de projet, c'est-à-dire date de début de la dernière tâche (tâche fictive).

Nous avons donc le modèle mathématique suivant :

$$\left\{ \begin{array}{l} (1) \quad \text{Min } t_n \\ (2) \quad \forall (i, j) \in U: t_i + p_i \leq t_j \\ (3) \quad \forall i = 1 \dots n: t_i \geq 0 \end{array} \right.$$

4.4.1.2 Programmation par langage Visual Xpress

La traduction en langage Visual Xpress est immédiate, Nous avons seulement ajouté un indice **FIN** pour clarifier le modèle.

Arc est la matrice d'adjacence du graphe, c'est-à-dire une matrice binaire $n \times n$ telle que $\text{arc}(i, j) = 1$ si et seulement si l'arc (i, j) existe, elle est stockée dans le fichier **Arcs.dat** en format **sparse**.

Le fichier **durees.dat** contient les durées des tâches.

- **Le programme :**

MODEL planning previsionnel

LET

$n=14$! Nombre de tâches du projet (y compris la tâche fictive)

$\text{FIN}=14$! Dernière tâche de projet (tâche fictive)

TABLES

$\text{Arc}(n, n)$! Matrice d'adjacence 0-1 du graphe

$p(n)$! Duree des tâches

DISKDATA-S ! Utilisation de format sparse

Arc = Arcs.dat

DATA

p = duree.dat

VARIABLES

$t(n)$! Date de début de chaque tache

CONSTRAINTS ! Minimiser la durée du projet

Dureetot : t (FIN) \$

Precedence ($i = 1:n, j = 1:n | \text{Arc}(i, j) = 1$): $t(j) - t(i) > p(i)$

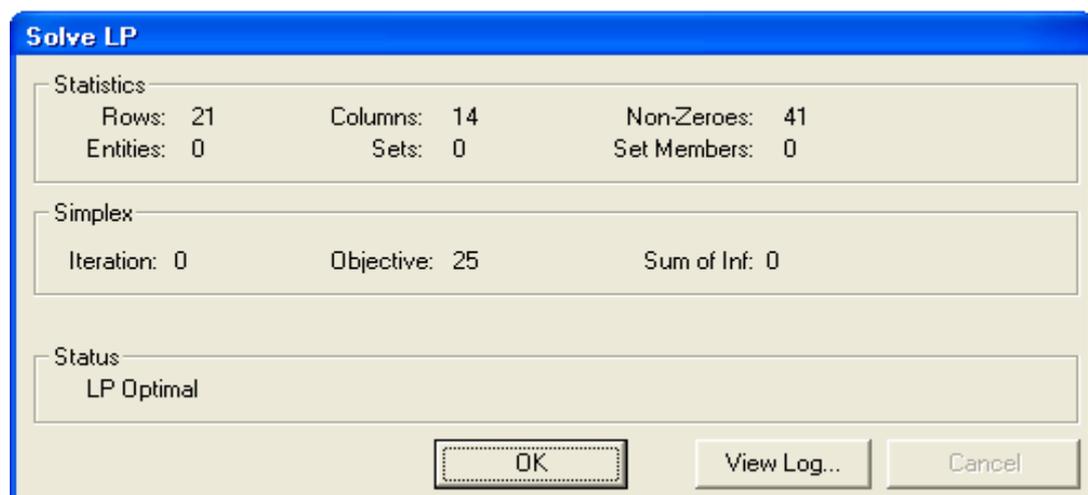
BOUNDS

$X(i = 1:n) \geq 0$

END.

4.4.1.3 Résultat d'exécution du programme

L'exécution du programme donne le résultat suivant :



Chapitre 4 : Utilisation la technique de programmation linéaire avec le langage Visual Xpress

FIG 4.2 Résultat d'exécution du programme

Ce résultat montre que la date de fin de projet est de 25 Mois.

Pour afficher le calendrier de déroulement des tâches, c'est-à-dire les dates de démarrage de chaque tâche, qui minimisent le temps totale de projet, il suffit de cliquer sur la commande « **View Result** » :

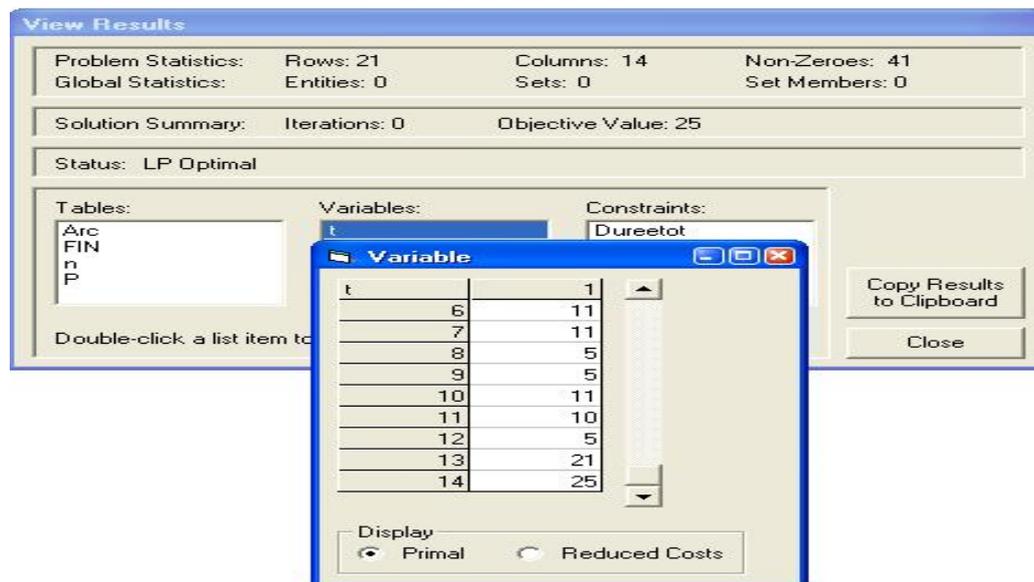


FIG 4.3 Calendrier de déroulement des tâches de projet

4.5 Conclusion

La programmation linéaire est essentiellement appliquée pour résoudre des problèmes d'optimisation à moyen et long terme (problèmes stratégiques et techniques, dans le vocabulaire de la recherche opérationnelle). Les domaines d'application de ses problèmes sont très nombreux aussi bien dans la nature des problèmes abordés (planification et contrôle de la production, distribution dans les réseaux) que dans les secteurs d'industrie manufacturière, énergie (pétrole, gaz, électricité). Les logiciels commerciaux développés depuis les années 70 et maintenant accessibles sur toutes les plate formes et environnements de calcul les plus utilisés dans le monde académique et industriel. [1], [3], [16]

Nous avons choisie le logiciel Visual Xpress pour deux raison principales. La première est que la syntaxe de ce logiciel est très intuitive, la deuxième est que Visual Xpress est un

Chapitre 4 : Utilisation la technique de programmation linéaire avec le langage Visual Xpress

logiciel tout en un. Il contient à la fois un modeleur (langage de programmation), mais leur accès est bien séparé dans l'interface, ce qui facilite la compréhension de la méthodologie de résolution d'un modèle.

5.1. Introduction [20] [21]

Microsoft Project est un logiciel d'ordonnancement avec le quel on peut créer un projet, l'éditer et l'améliorer à l'aide des différents outils dont il dispose ainsi, il nous permet d'assurer un suivi professionnel (délais, cout) pendant la réalisation du projet.

Ce chapitre a donc pour objectif d'expliquer brièvement l'environnement de Microsoft Project et de mettre en œuvre notre planification prévisionnelle du projet « TD PK0 de GR5 ».

5.2. Environnement de Microsoft projet «MS-Project »

Pour démarrer Microsoft Project, on clique sur le menu démarrer puis tous les programmes. Choisir Microsoft Project. Lors de son lancement, un nouveau projet est systématiquement créé, sous le nom par défaut de «projet 1 » comme le montre la figure qui suit :

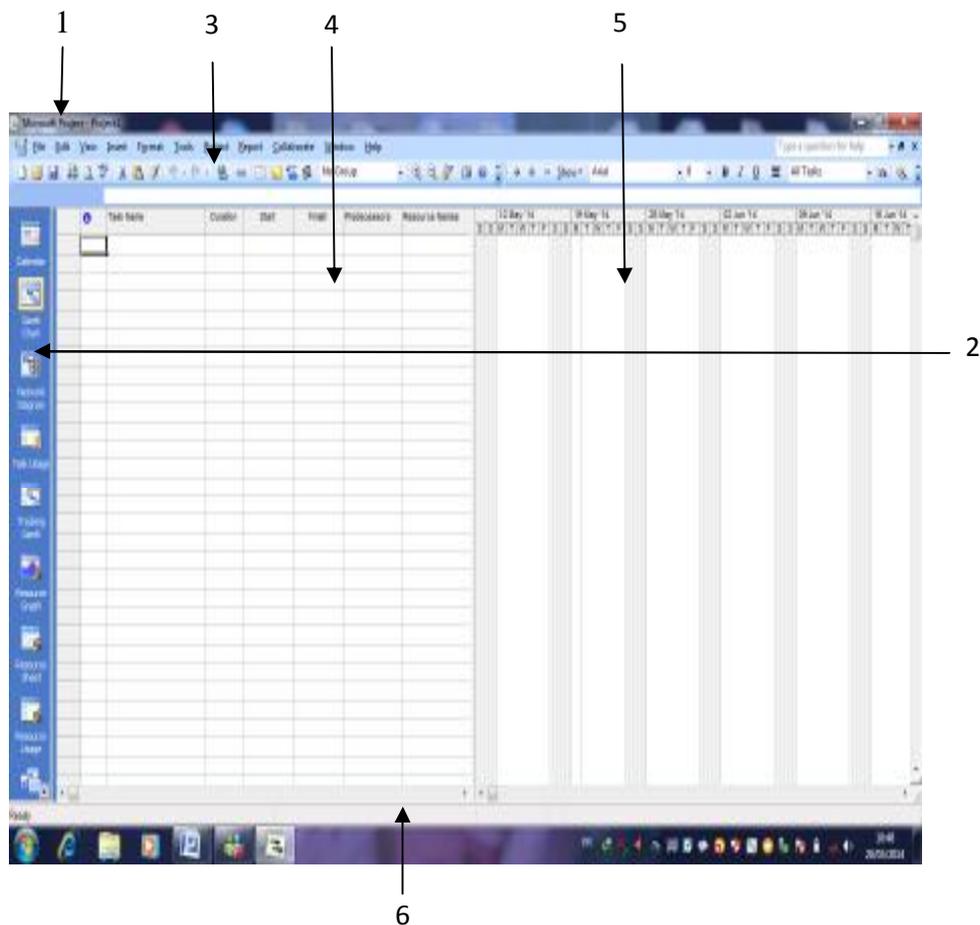


FIG 5.1 L'interface principale de MS-Project

Chapitre 5 : Utilisation du logiciel de planification des projets « Microsoft Project » pour le projet GR5 ; TD PK00

1. La **barre de titre** affiche le nom du programme (logiciel) et le nom du projet.
2. La **barre de menus** affiche les principales commandes du programme.
3. La **Barre d'outils et mise en forme** affichent des boutons « raccourcis » permettant de réaliser les opérations courantes du projet.
4. La **zone de travail** du projet.
5. La **zone d'affichage**.
6. La **barre d'état** en bas de la fenêtre comprend une zone de message et d'informations.

Pendant une session de travail, on peut cliquer sur le bouton droit de la souris pour afficher un menu contextuel présentant les commandes les plus courantes.

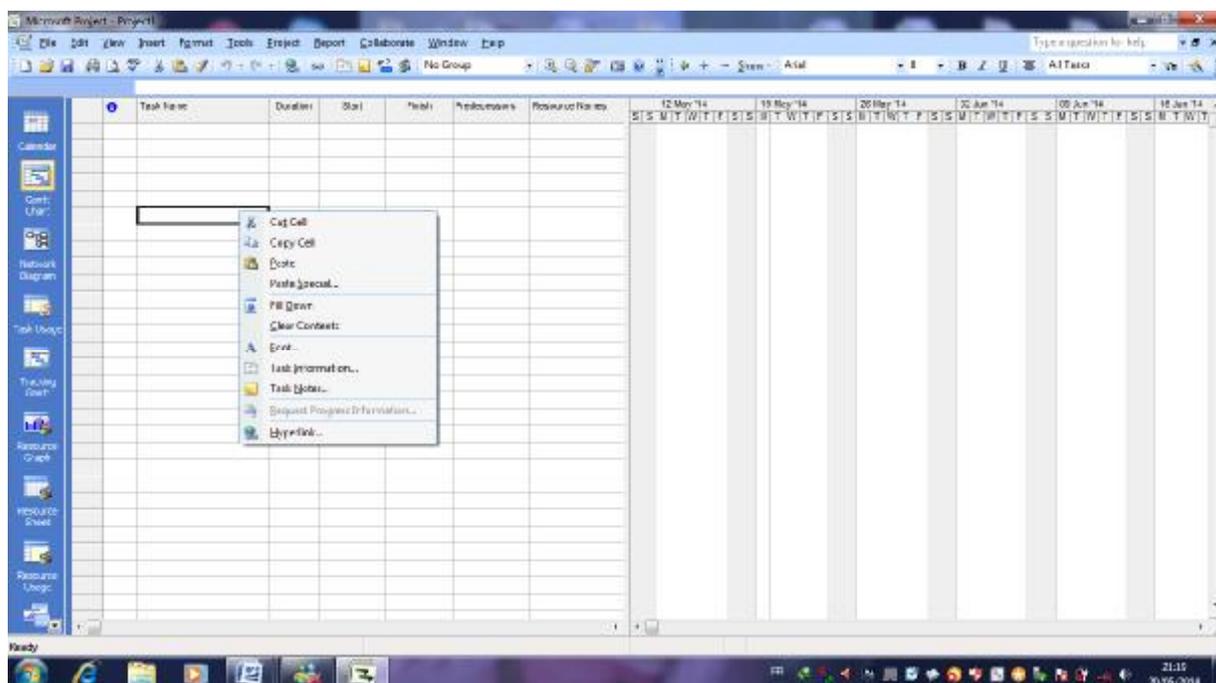


FIG 5.2 Le menu abrégé.

Expliquons brièvement les icônes des barres d'outils montrées à la figure ci âpre.

Chapitre 5 : Utilisation du logiciel de planification des projets « Microsoft Project » pour le projet GR5 ; TD PK00

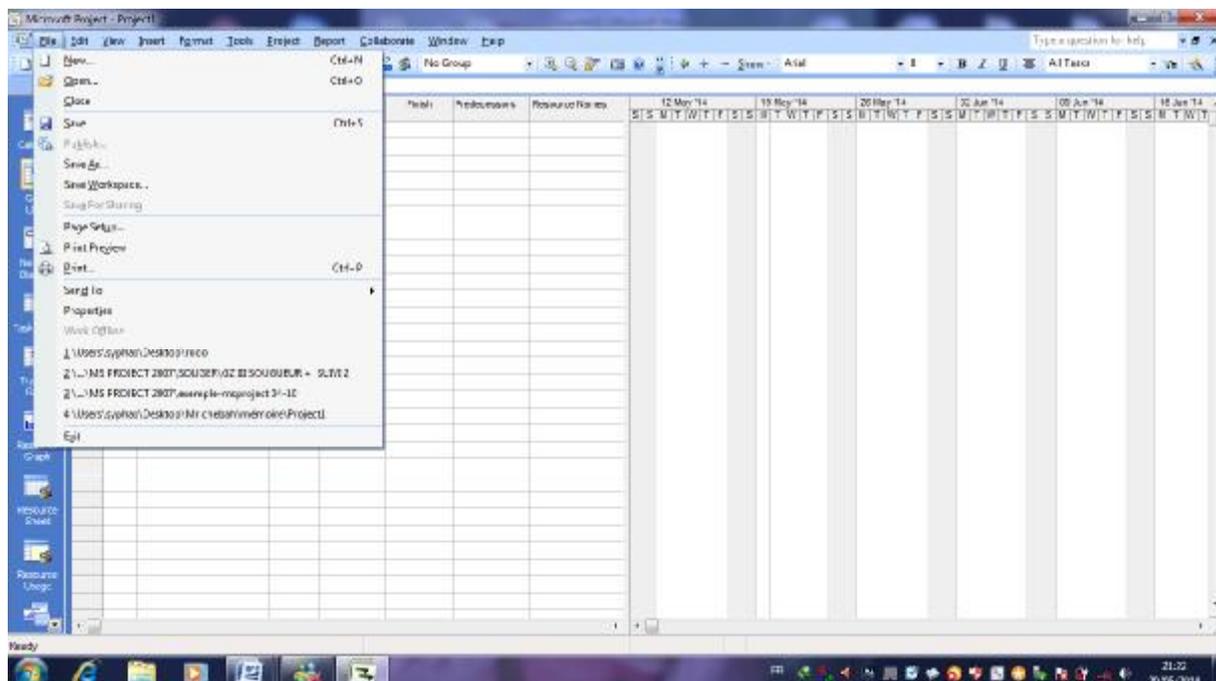


FIG 5.3 Taches du menu

- 1- **File** : Crée un nouveau projet 2- Ouvre un projet existant 3- Enregistre le projet actif 4- Imprime l'affichage en cours 5- Affiche les affichages tels qu'à l'impression 6- Vérifie l'orthographe du projet
- 2- **Edite** : 7- Coupe et supprime l'élément sélectionné 8- Copie l'élément sélectionné 9- Insère les éléments copiés 10- Copie la mise en forme de la sélection 11- Inverse la dernière action ou commande 12- Crée un lien hypertexte 13- Affiche la barre d'outils Web 14- Lie deux ou plusieurs tâches sélectionnées avec une relation FD 15- Annule la liaison des tâches sélectionnées 16- Fractionne une tâche 17- Affiche des informations à propos d'une sélection
- 3- **View** : Ajoute une remarque à la tâche / ressource sélectionnée 19- Affecte les ressources aux tâches sélectionnées 20- Agrandit l'échelle de l'affichage 21- Réduit l'échelle de l'affichage 22- Affiche la barre du Gantt pour la tâche sélectionnée.

Chapitre 5 : Utilisation du logiciel de planification des projets « Microsoft Project » pour le projet GR5 ; TD PK00

- 4- **Insert ; format ; Tools ; Project** 23- Copie les éléments sélectionnés en tant qu'image 24- Facilite la mise en forme d'un graphique par rapport à Gantt 25- Affiche le Compagnon Office 26- Hausse les tâches sélectionnées 27- Abaisse les tâches sélectionnées 28- Affiche les tâches subordonnées sous les tâches sélectionnées

29- Masque les tâches subordonnées sous les tâches sélectionnées 30- Masque les affectations 31- Affiche toutes les tâches masquées 32- Affiche la police de caractères de la barre d'outils Format 33- Donne la taille de la police de la barre d'outils Format 34- Met la sélection en gras 35- Met la sélection en italique 36- Souligne la sélection 37- Aligne à gauche le texte dans la colonne 38- Centre le texte dans la colonne 39- Aligne la colonne sur la droite 40- Filtre sur la barre d'outils Format 41- Filtre automatique

- 5- **Report ; Collaborate ; window :** 42- visualiser les rapports 43- afficher les différents rapports (cout, travail, ressource...) 43- arranger l'ensemble du projet 44- cacher le travail

6- **Barre d’Affichage**

A cause de la grande quantité d'information que Microsoft Project contient, c'est impossible de l'afficher simultanément. Pour cette raison, Microsoft Project utilise des affichages dans différents formats pour mieux visualiser les besoins de l'utilisateur. Pour faciliter la transition entre les affichages, Microsoft Project offre une Barre d’Affichage qui apparaisse sur le côté gauche de la fenêtre et que vous pouvez utiliser pour modifier des affichages. Pour sélectionner un affichage, cliquez sur l'icône correspondante. Si vous ne voulez pas l'afficher, ou vous voulez un peu plus d'espace dans la fenêtre Microsoft Project, on clique dans le menu **Affichage** sur **Barre Affichage** pour la désactiver. Expliquons les différents affichages :



Calendrier: affiche un calendrier mensuel qui présente les tâches et leur durée d'une façon quotidienne.

Diagramme de Gantt: affichage le plus souvent utilisé, présente une liste de tâches avec une visualisation des liens et les durées.

Gantt suivi: similaire à diagramme de Gantt avec l'addition des barres du Gantt planifiées et prévues pour chaque tâche.

Réseau PERT: illustre sous forme graphique les interdépendances entre les tâches et le chemin critique.

Utilisation des tâches: présente une liste de tâches affichant les ressources affectées regroupées sous chaque tâche.

Graphe ressources: présente l'affectation des ressources, le coût et le travail des ressources pendant le projet.

Tableau des ressources: liste les ressources et les informations associées

Utilisation des ressources: liste les ressources avec l'affectation, le coût et les informations sur le travail de chaque ressource à travers le temps

Plus d'affichages: liste d'autres affichages qui peuvent être choisis.

FIG 5.4 Raccourcis des différents affichages

7- Assistance en direct (help)

Plusieurs options d'aide sont disponibles pendant le travail. La touche **F1 Aide** active **Compagnon Office**, une aide pour toutes les fonctions du programme. On peut également activer **Compagnon Office**, en cliquant sur l'icône  de la barre d'outils, on obtient les options montrées sur le menu suivant :



FIG 5.5 Options d'aide

Expliquons les options de la fonction d'Aide d'une façon plus détaillée

Si on choisit cette option, on peut effectuer une recherche en tapant une question dans une boîte de dialogue comme indiquée sur la figure 5.5. Quand on clique sur **Rechercher**, **Compagnon Office** prépare une liste de sujets et vous pouvez choisir lequel répond le mieux à votre question.



FIG 5.6 Autre option d'aide

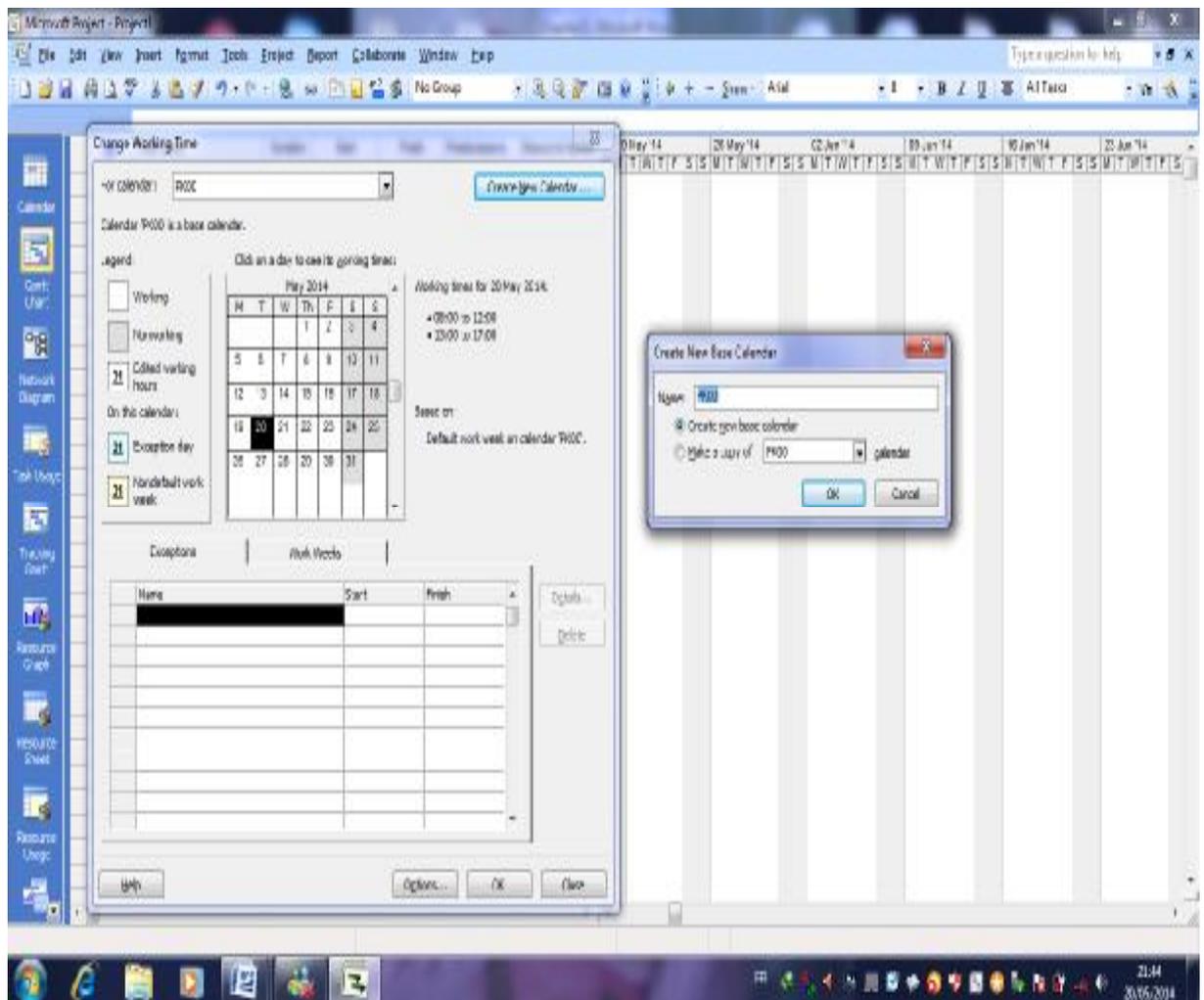
5.3. Rôle du logiciel MS-Project

- Ø **Outil de gestion** : Aide à la gestion des délais, coûts, ressources et les achats.
- Ø **Outil d'analyse et d'aide a la prise de décision** : Aide à l'analyse de la performance, scénarios.
- Ø **Outil de communication** : Aide à la gestion de la communication

5.4. Mise en place informatisée du projet TD PK0 GR5

5.4.1 Les principales étapes à suivre :

- Ø **Définition du calendrier**: dans le menu option, changer les horaires, journées de travail,... date de début ou de fin du projet comme le montre les figures ci-dessus.



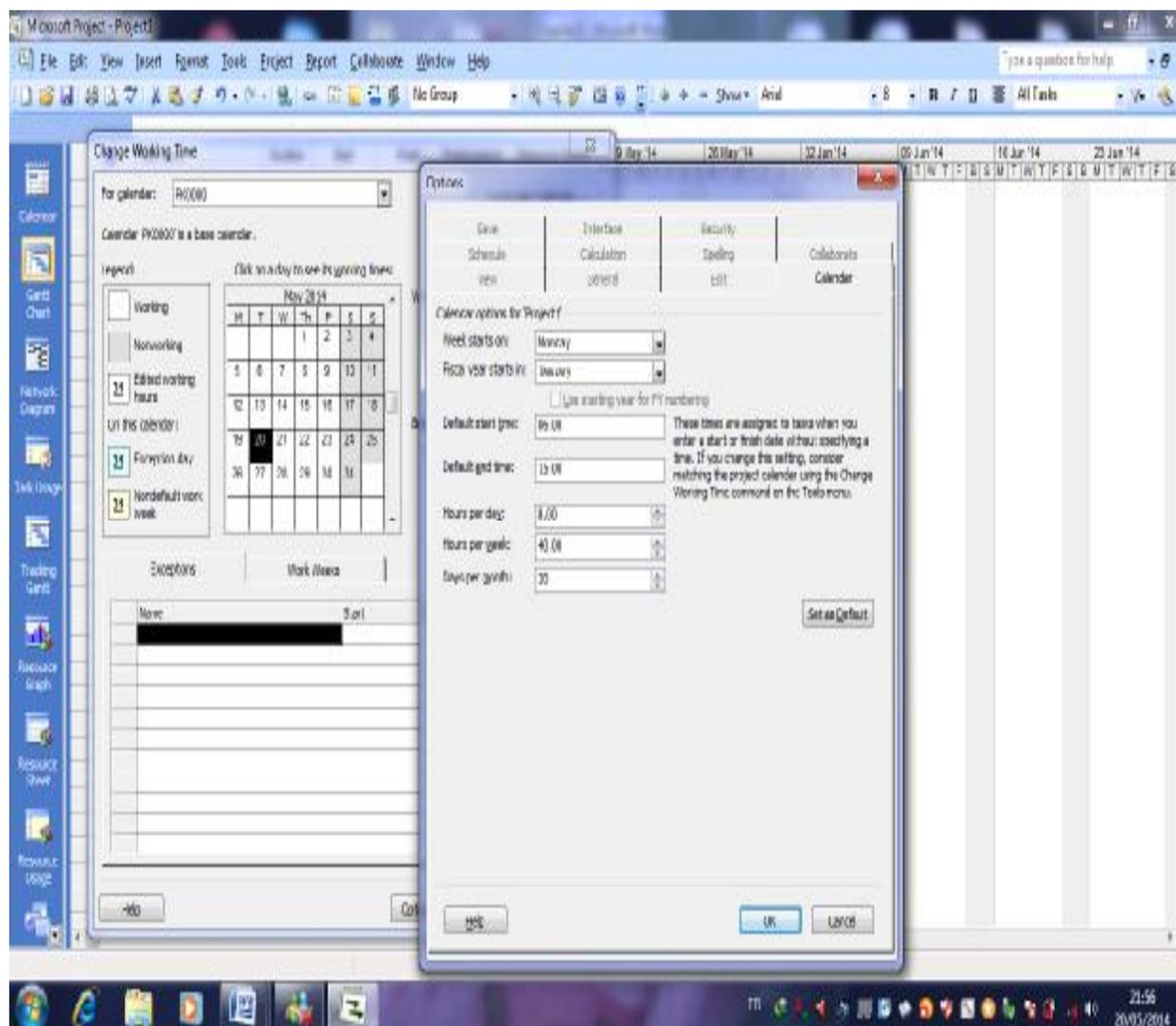


FIG 5.7 Création et affectation du calendrier du PK0.

Ø **Opérations sur les tâches** : saisir l'ensemble des tâches relatives au projet **PK0** (nom, durée) et liens entre les tâches. Le diagramme de Gantt et le réseau Pert peuvent être préparés ici ; figures suivantes.

Une **tâche jalon** en est une dont la durée est égale à zéro (0 h ou 0 j). Les tâches jalons sont utilisées pour indiquer le début ou la fin d'une phase. Microsoft Project affiche le symbole du jalon dans le diagramme de Gantt au début de cette heure ou journée, dans notre projet sont représentées par le (Début, Fin).

Chapitre 5 : Utilisation du logiciel de planification des projets « Microsoft Project » pour le projet GR5 ; TD PK00

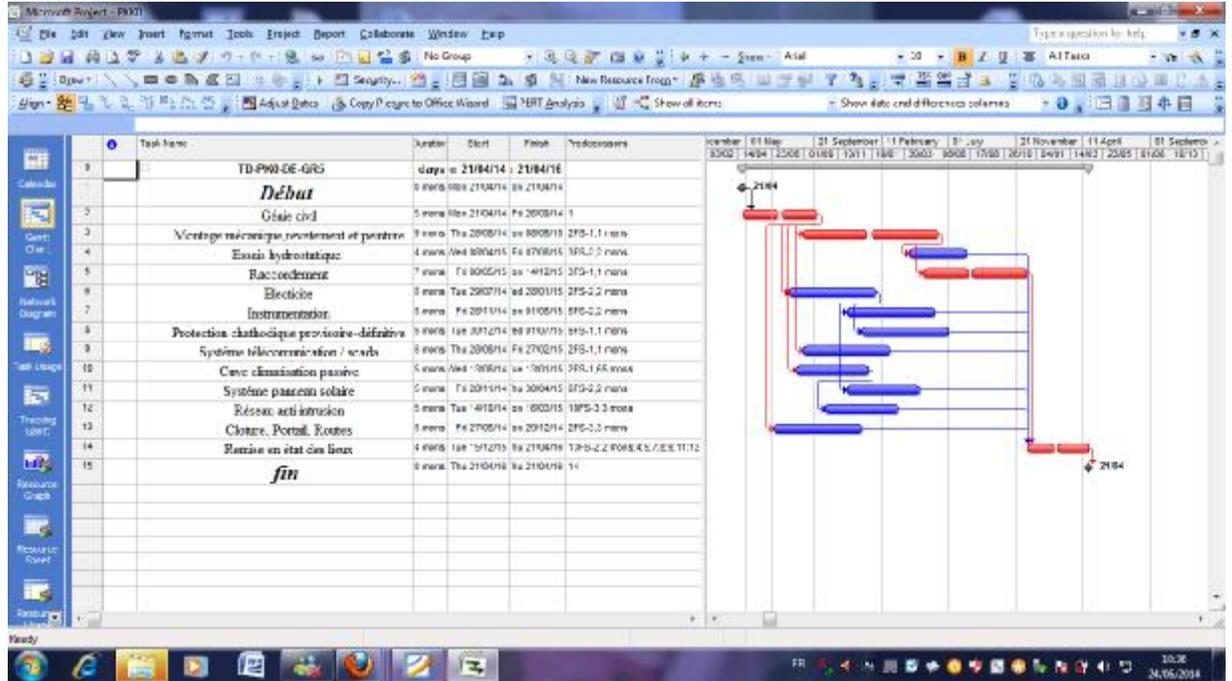


FIG 5.8 Saisie des tâches de PK0 et diagramme de Gantt associé

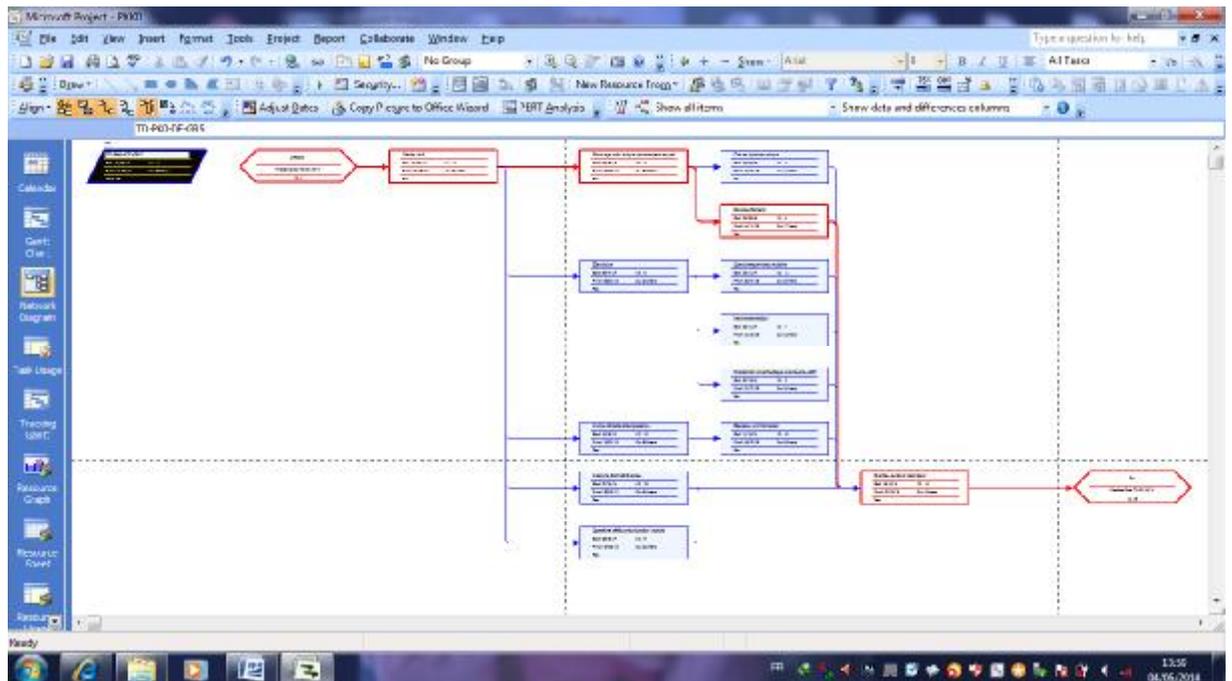
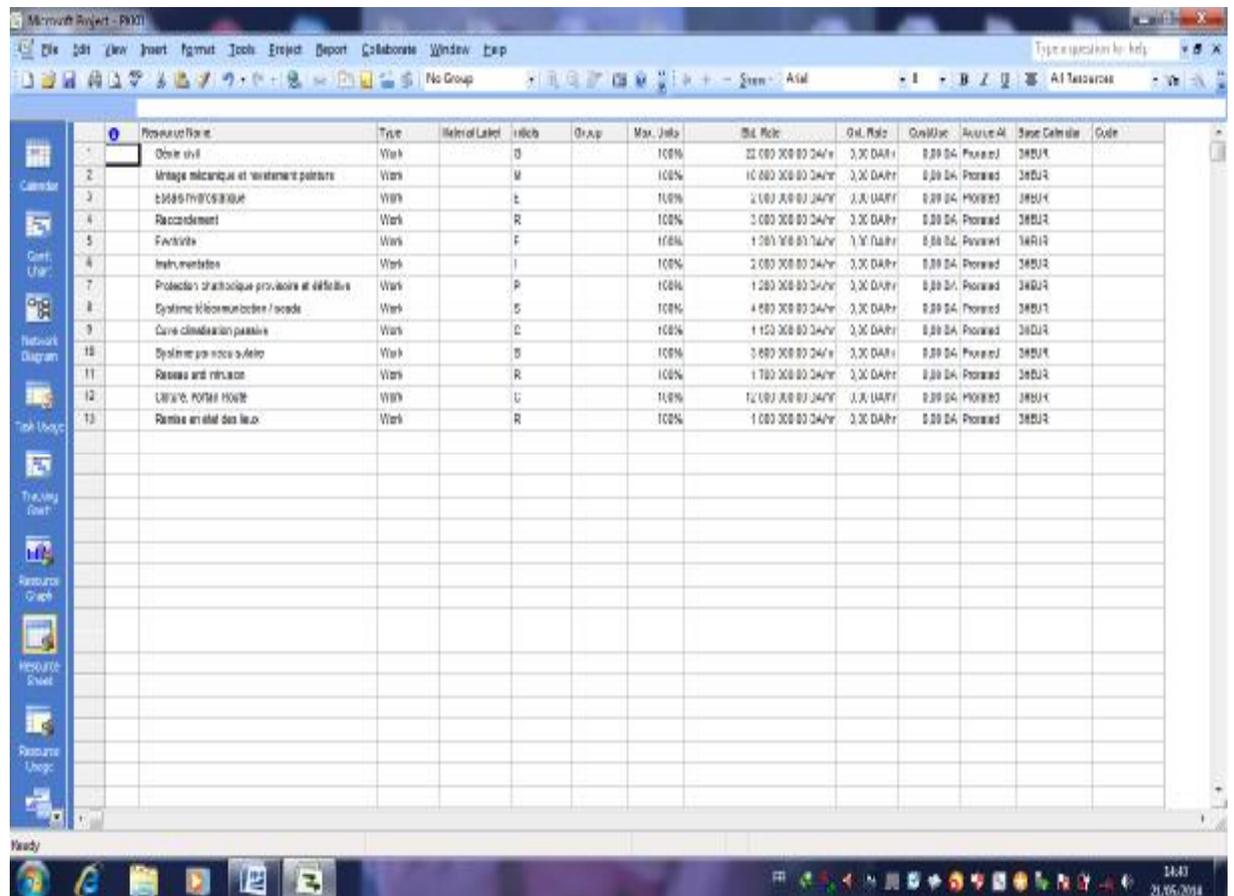


FIG 5.9 Le réseau PERT, met en évidence le chemin critique

Chapitre 5 : Utilisation du logiciel de planification des projets « Microsoft Project » pour le projet GR5 ; TD PK00

Ø **Affectation des ressources:** Une ressource peut correspondre à une personne, à une pièce d'équipement ou même à une salle. La deuxième grande étape dans la mise en place d'un projet consiste à définir et ensuite à affecter les ressources aux tâches relatives au projet, ce que nous examinerons dans cette section.

En règle générale, un ensemble de ressources représente plusieurs ressources qui ont les mêmes caractéristiques et que vous pouvez affecter à des tâches similaires. Cette étape permet de contrôler l'utilisation des ressources.



The screenshot displays the Microsoft Project interface for project PK00. The main window shows a table of resources with the following columns: Resource Name, Type, Material Label, Units, Group, Max. Units, Std. Rate, Std. Rate, Cost/Unit, Accrual, Base Calendar, and Code. The table lists 13 resources, each with a unique name and associated parameters.

Resource Name	Type	Material Label	Units	Group	Max. Units	Std. Rate	Std. Rate	Cost/Unit	Accrual	Base Calendar	Code
01	Work		D		100%	22 000 000 04/h	3,30 DA/h	0,00 DA	Normal	385UR	
02	Work		M		100%	10 000 000 00 DA/h	3,30 DA/h	0,00 DA	Normal	385UR	
03	Work		E		100%	2 000 000 00 DA/h	3,30 DA/h	0,00 DA	Normal	385UR	
04	Work		R		100%	3 000 000 00 DA/h	3,30 DA/h	0,00 DA	Normal	385UR	
05	Work		F		100%	1 000 000 00 DA/h	3,30 DA/h	0,00 DA	Normal	385UR	
06	Work		I		100%	2 000 000 00 DA/h	3,30 DA/h	0,00 DA	Normal	385UR	
07	Work		P		100%	1 000 000 00 DA/h	3,30 DA/h	0,00 DA	Normal	385UR	
08	Work		S		100%	4 000 000 00 DA/h	3,30 DA/h	0,00 DA	Normal	385UR	
09	Work		Z		100%	1 100 000 00 DA/h	3,30 DA/h	0,00 DA	Normal	385UR	
10	Work		B		100%	3 000 000 00 DA/h	3,30 DA/h	0,00 DA	Normal	385UR	
11	Work		R		100%	1 700 000 00 DA/h	3,30 DA/h	0,00 DA	Normal	385UR	
12	Work		G		100%	12 000 000 00 DA/h	3,30 DA/h	0,00 DA	Normal	385UR	
13	Work		R		100%	1 000 000 00 DA/h	3,30 DA/h	0,00 DA	Normal	385UR	

FIG 5.10 Introduction des ressources du projet PK0

Pour modifier les paramètres de base sur les ressources ; On clique deux fois sur la ressource voulu une autre boîte de dialogue paré comme suit :

Chapitre 5 : Utilisation du logiciel de planification des projets « Microsoft Project » pour le projet GR5 ; TD PK00

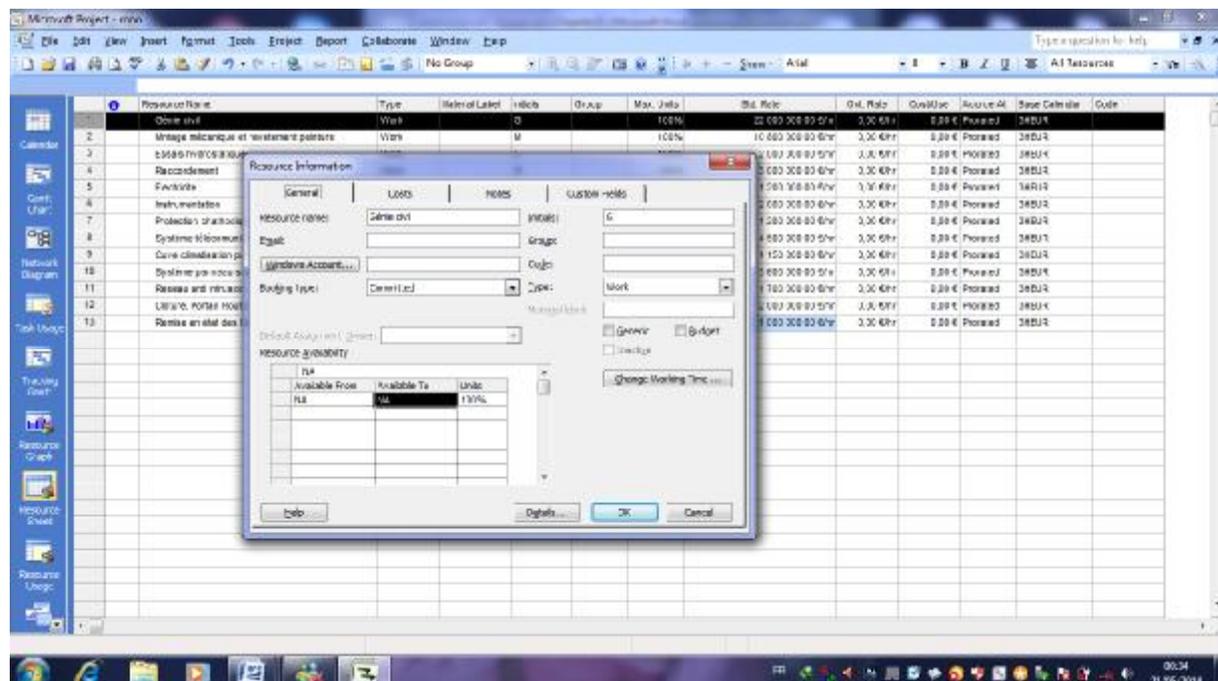


FIG 5.11 Paramètre d'une ressource

Comme on peut sélectionner les autres onglets de cette boîte de dialogue. Et on valide par OK lorsque on termine ainsi les informations relatives à la ressource que nous avons entrées sont présentées dans l'affichage Tableau des ressources.

Ø Contrôle de l'affectation des coûts

On peut soit affecter les coûts de la tâche dès son démarrage ou à son achèvement, soit distribuer le coût proportionnel avec l'exécution de la tâche ; *Pour contrôler l'affectation des coûts :*

1. on choisit Tableau des ressources du menu Affichage.
2. Sélectionne la ressource.
3. Cliquez sur le bouton Informations de la barre d'outils Standard ou Informations sur la ressource du menu Project.
4. Dans l'onglet Coûts, regardez dans la zone de liste Allocation des coûts et sélectionnez une méthode d'affectation. Comme le résume La figure suivante :

Chapitre 5 : Utilisation du logiciel de planification des projets « Microsoft Project » pour le projet GR5 ; TD PK00

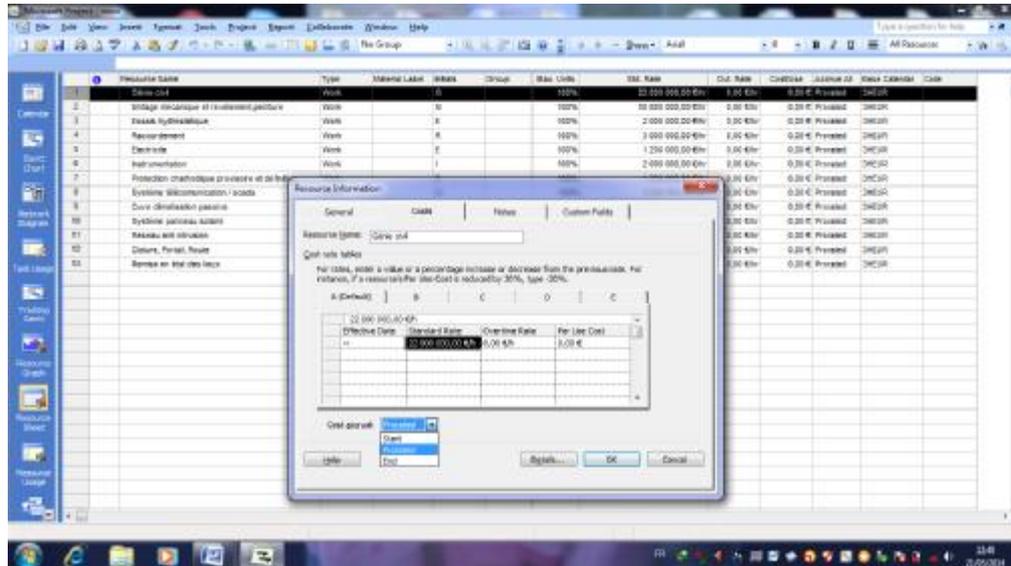


FIG 5.12 Le contrôle de l'affectation des coûts

Pour Sélectionnez

- Affecter le coût au démarrage de la tâche Start
 - Affecter le coût à l'achèvement de la tâche End
 - Affecter le coût en fonction du pourcentage Prorated
- D'achèvement de la tâche, Visualisation du coût et travail du projet.

Ø **Coordination, Évaluation, Audit et suivi du projet:** contrôle des ressources, des coûts, etc., et affichage de divers tableaux d'information sur le projet pour en faire le suivi.

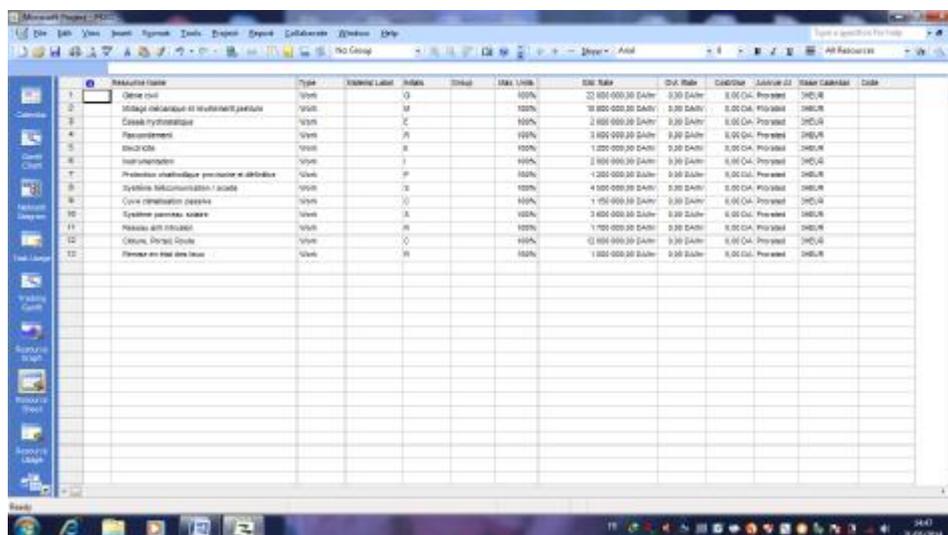


FIG 5.13 Tableau de visualisation des couts par tache.

5.4.2 Les résultats obtenus (logiciel)

La durée du projet est de 2ans (24mois) a compté du 21/04/2014 jusqu'au 21/04/2016

5.5. Analyse du délai

La Réduction du délai, implique systématiquement une augmentation des ressources ce qui induit un risque probable du surcout du projet.

Pour remédier à ce problème on propose de procéder par ces différentes techniques :

5.5.1 Une augmentation des ressources (humaines et matérielles)

Soit on la renforce par vois du recrutement ou on proposant un travaille supplémentaire soit par des équipes de nuit ou on organisant des heurs supplémentaires.

Mais tout ça fait augmenter systématiquement le cout total de réalisation du projet.

5.5.2 Utilisation des marges libres

Il s'agit de retarder les taches non critiques qui ayant les marges libres, et cela sans compromettre ni la durée ni le cout total de réalisation. Contrairement aux marges totales qui remettent en cause tout le projet.

5.6. La méthode de PERT-COST ou (PERT-coût) [17]

Les durées des taches sont des paramètres sur les quels l'entreprise peut agir. Dans de Nombreux cas, à travers l'attribution de moyens supplémentaires, l'entreprise sera capable d'agir.

La gestion des couts apparait alors comme un corollaire de la gestion des temps et il devient concevable d'envisager la gestion du couple cout-durée. La méthode qui s'y attache est appelée «PERT-COST »ou« PERT-COUT ».

5.6.1 La méthodologie

On a associé à chaque tache du projet :

- **Un cout normal C_n** : coût le plus faible pour l'entreprise pour mener a bien la tache avec le minimum de moyens.

- **Un temps normal de réalisation T_n** : temps correspondant au coût normal, C'est-à-dire à l'utilisation des moyens minimaux.
- **Un temps accéléré T_a** : temps minimum concevable pour réaliser la tâche, en lui accordant les moyens suffisants.
- **Un coût accéléré C_a** : coût correspondant au temps minimum de réalisation.

Si l'on admet l'hypothèse de réalisation linéaire de coût par rapport au temps de réalisation, on peut définir un coût marginal d'accélération $\langle CMA \rangle$ de la tâche.

$$CMA = \frac{C_a - C_n}{T_n - T_a}$$

Le CMA indique le coût supplémentaire associé à la réduction de la durée d'exécution de la tâche (exemple 10000DA/semaine).

5.6.2 Problèmes pouvant être résolus

Si l'objectif est défini a priori : sur quelles tâches faut-il agir pour respecter, l'objectif avec le minimum de coûts supplémentaires ?

Comment définir cet objectif de date de fin de projet? La réduction de la date de fin de projet n'est pas une fin en soi. Elle doit se justifier par des avantages de divers natures (nouveau client, concurrent, risque de perte du marché...) il faut alors comparer ces avantages et les coûts associés aux différentes durées du projet obtenu.

La méthode «PERTCOST» est souvent empirique et est basée sur l'analyse du réseau PERT trace au préalable. En cherche alors à diminuer la durée de projet en fonction de l'objectif avec un sur coût minimum.

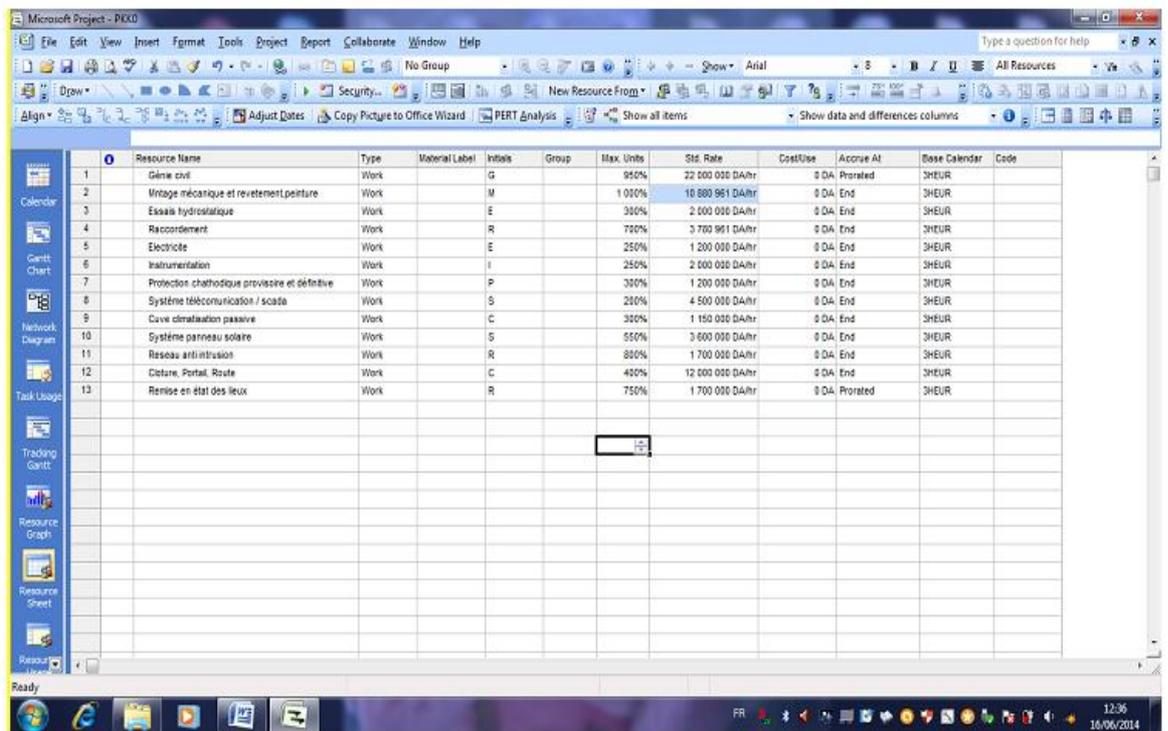
5.6.3 Construction

- On sélectionne les tâches réductibles du chemin critique.
- On classe les tâches par ordre croissant du coût CMA .
- On réduit sur les tâches moins coûteuses.
- On contrôle, modifie le réseau PERT en conséquence, le chemin critique peut être modifié par exemple par le sub-critique.

Chapitre 5 : Utilisation du logiciel de planification des projets « Microsoft Project » pour le projet GR5 ; TD PK00

- Calcul de la durée et du surcoût associé. Attention ?ne pas compter pour la durée les taches réductibles en parallèle et de les compter pour le surcoût.
- On compare plusieurs solution, si besoin, on calcul le CMA de nouveau projet

5.6.4 Résultat



	Resource Name	Type	Material Label	Initials	Group	Max. Units	Std. Rate	Cost/Use	Accrue At	Base Calendar	Code
1	Génie civil	Work		G		950%	22 000 000 DA/hr	0 DA	Prorated	3HEUR	
2	Montage mécanique et revêtement,peinture	Work		M		1 000%	18 880 981 DA/hr	0 DA	End	3HEUR	
3	Essais hydrostatique	Work		E		350%	2 000 000 DA/hr	0 DA	End	3HEUR	
4	Raccordement	Work		R		700%	3 700 981 DA/hr	0 DA	End	3HEUR	
5	Electricité	Work		E		250%	1 200 000 DA/hr	0 DA	End	3HEUR	
6	Instrumentation	Work		I		250%	2 000 000 DA/hr	0 DA	End	3HEUR	
7	Protection cathodique provisoire et définitive	Work		P		300%	1 200 000 DA/hr	0 DA	End	3HEUR	
8	Système télécommunication / soada	Work		S		200%	4 500 000 DA/hr	0 DA	End	3HEUR	
9	Cuve climatisation passive	Work		C		300%	1 150 000 DA/hr	0 DA	End	3HEUR	
10	Système panneau solaire	Work		S		550%	3 600 000 DA/hr	0 DA	End	3HEUR	
11	Reseau anti-intrusion	Work		R		800%	1 700 000 DA/hr	0 DA	End	3HEUR	
12	Cloture, Portail, Route	Work		C		400%	12 000 000 DA/hr	0 DA	End	3HEUR	
13	Remise en état des lieux	Work		R		750%	1 700 000 DA/hr	0 DA	Prorated	3HEUR	

FIG 5.14 les nouveaux coûts pour les taches critique

Compte tenu de l'employeur du projet et de son importance économique, l'équipe dirigeante tranche pour une prime supplémentaire de **2 461 923, 00 DA**, pour le renforcement de ces ressources (humaine et matérielles) d'où Le cout total de réalisation **68 611 923,00 DA**

5.7. Conclusion

Les différents résultats concernant la durée totale et le coût total de la réalisation du projet sont résumés dans le tableau suivant :

Chapitre 5 : Utilisation du logiciel de planification des projets « Microsoft Project » pour le projet GR5 ; TD PK00

	<i>Durée totale du projet</i>	<i>Coût total du projet</i>
SAIPEM	26 Mois	66 150 000,00 DA
Techniques d'ordonnement	25 Mois	/
Logiciel MS-Project	24 Mois	68 611 923,00 DA

Tableau 5.1 : Récapitulation des résultats

Conclusion Générale

Notre travail a eu pour principale objectif ; la réalisation d'un planning prévisionnel optimal pour le groupement SAIPEM appliqué au terminal de départ du projet GR5. Ce planning permettra de mieux définir les travaux à réaliser, d'atteindre les objectifs fixés, de coordonner divers actions, de maîtriser les moyens requis...etc. En fin de mètre en place une stratégie managériale, notamment en suivant le déroulement des activités en cours en se rendant compte de l'état d'avancement du projet toute en évitant les mauvaise surprise.

Pour atteindre nos objectifs, nous avons utilisé deux techniques de la recherche opérationnelle à savoir :

– **Technique d'ordonnement de projet :**

Dans cette partie, nous avons programmé dans le temps (GANTT) un ensemble de taches du dit projet, en respectant divers contraintes (enchaînement des taches, date limite, budget octroyer...) dans le but d'optimiser la contrainte de la durée total du et le cout total approprié. Nous basons, dans cette méthode sur la notion du chemin critique et le diagramme de GANTT.

– **Technique de programmation linière :**

Cette partie se scinde en deux ; en abordant d'abord la présentation générale de la méthode de programmation linière, puis on propose des modèles pour le problème de planification du projet qu'on programme à laide du langage Visual express.

Par conséquent, les deux techniques ainsi utilisé présentent des insuffisances (calandrer, affectation particulière des ressources...), et pour remédier à ces lacunes nous avons eu recours à MICROSOFT PROJECT ; qui est un logiciel spécialisé dans la planification du projet

Et les résultats obtenus dans ce travail se résument comme suit :

Conclusion Générale

- Le groupement SAIPEM propose un planning de **26 mois** avec un cout de réalisation de **66 150 000, 00 DA**.

Nos résultats :

- Technique d'ordonnancement donne la durée de **25 mois**.
- Le logiciel MS-Project donne **24 mois** avec un cout de réalisation de **68 611 923, 00 DA** soit Avec un surcout de **3 461 923, 00 DA**

Ce pèsent travail nous a permit : d'acquérir un bon nombre de connaissance, théorique et pratique, ainsi que leurs consolidation via la rude épreuve pratique à la quelle nous étions confronté.

Les quelles conjuguées avec beaucoup de persévérance nous permettrons d'investir les situations complexes, notamment la conception d'un logiciels de planification qui prendra en charge l'approche par la programmation multi objectif en nombre entiers.

Bibliographies

- [01] - M. Aiden, B. Oukacha, « La recherche opérationnelle (programmation linéaire) », Algérie, LES PAGES BLUES, 2005.
- [02] - Sylvie, Tournier, « Techniques de planification de projet ». Paris : EYROLLES, 1990.
- [03] - - Sigward Eric, « Introduction à la théorie des graphes », paris, DUNOD, 2000
- [04] - Thierry Curet, « Control de la gestion » DUNOD, 2000
- [05] – CD ROM « Logiciel Visual Xpress »
- [06] - Marouane ARROUB, pierre COSTAGNA, Nadjib M.Nadjid « Problème d’ordonnancement de projet (Institut de recherche en communications et cybernétique de Nantes UMR CNRS 6597) Metz, les 20, 21 Novembre 2008 colloque.
- [07] - Sigward Eric, « Introduction à la théorie des graphes », paris, DUNOD, 2000
- [08] - N.Belharrat & AL, « La recherche opérationnelle théorie des graphes », Algérie, LES PAGES BLUES, 2005.
- [09] - F.Garry Clifford, W.Larson ERIK «Management de projet», DUNOD, Paris 2007
- [10] - Christelle Gueret, Christian Prins, Marc Sevaux, « Programmation linéaire : 65 problèmes d’optimisation modélisés et Résolus avec Visual Xpress », Canada, EYROLLES, 2003.
- [11] - P.Lopez, « L’ordonnancement », ECONOMICA, 1999
- [13] – Thierry Curet, « Control de la gestion » DUNOD, 2000
- [14] - Yves Nobert, Roch Ouellet, Régit parent, « La recherche opérationnelle » Canada Gaëtan Morin, 2001
- [15] - G. Vallet. « Technique de planification de projet », Dunod, 2003
- [16] - Christelle Gueret, Christian Prins, Marc Sevaux, « Programmation linéaire : 65 problèmes d’optimisation modélisés et Résolus avec Visual Xpress », Canada, EYROLLES, 2003
- [18] - Daniel Duret, « Technique de la gestion de production », Marc 2005.
- [19] - www.Monayer-90.com/planification-de-projet.htm
- [20] - 20 CD ROM, « Microsoft Project », 2007
- [21] - www.CETIC/MS_project.fr , «support de cour année 2009, Bab Ezzouar Alger »
- [23] – Pulat, P.S & Horn, S.J (1999) time resource tradeoff problem, IEEE transactions on engineering management, vol 43, NO.4 (411,417)