

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement
Supérieur Et de la Recherche Scientifique
Université 8 Mai 1945 Guelma
Faculté des Mathématiques,
de l'Informatique et des Sciences de la
Matière
Département : Informatique



وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
جامعة 8 ماي 1945
قائمة
كلية الرياضيات، الإعلام الآلي
و علوم المادة
قسم: الإعلام الآلي

Polycopié de cours :

Gestion des Projets & Entrepreneuriat

Destiné aux étudiants en 1^{ère} année Master

Spécialité : Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication

Réalisé par :

Dr. Abdelmoumène Hiba

Année : 2025

Avant-propos

Ce polycopié de cours intitulé **Gestion des Projets & Entrepreneuriat** est conçu pour accompagner les étudiants inscrits en première année de Master – Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication (STIC). Il a pour objectif de leur fournir une base solide pour comprendre et maîtriser les principes fondamentaux de la gestion de projet, un domaine essentiel pour mener à bien des initiatives complexes dans les environnements technologiques et entrepreneuriaux.

À travers ce module, les étudiants apprendront à élaborer un plan de projet complet en abordant des aspects clés tels que la qualité, le temps, les coûts, les ressources et les parties prenantes. À la fin de ce cours, l'étudiant devra être capable de définir ce qu'est un projet, de modéliser et planifier celui-ci, d'en calculer les coûts globaux, et de maîtriser les outils et méthodes de gestion, de la phase de planification à celle du pilotage.

Le contenu du cours est organisé en trois chapitres concernant, les concepts de base des projets, où nous explorerons les fondements de la gestion de projet, la planification et l'estimation des coûts, qui aborde les techniques pour structurer et budgéter un projet et la démarche qualité, qui traite des normes et pratiques permettant d'assurer la réussite et l'amélioration continue des projets.

Contenu de la matière :

Chapitre 1 : L'organisation du projet

- 1- L'équipe projet,
- 2- Les tâches, jalons et livrables,
- 3- La budgétisation.

Chapitre 2 : Planification et estimation des coûts

- 1- Productivité des programmeurs,
- 2- Techniques de planification (Gantt et Pert),
- 3- Estimation des coûts (COCOMO, point de fonction).

Chapitre 3 : Démarche qualité

- 1- Les bases de la qualité,
- 2- Les standards qualité (norme ISO 9126 et ISO 9001),
- 3- L'assurance qualité (modèles CMM et SPICE)

Modalité d'évaluation : contrôle des connaissances et pondération

Contrôle	Pondération (%)
Examen final	60%
Evaluation continue	40%
Total	100%

Références bibliographiques :

- Burke, R. (2013). Project management: planning and control techniques. New Jersey, USA, 26.
- Cornic, C. (2005) La gestion de projet, <http://www.gestiondeprojet.net>.
- Gray, R. M., Cook, M. B., Natera, M. T., Inglis, M. M., & Dodge, M. L. (2008). Project Management: The. In Managerial Process, McGraw-Hill.
- Mangold, P. (2006). Gestion de projet informatique. Eyrolles.
- Rose, K. H. (2013). A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide)—Fifth Edition. Project management journal, 44(3).

Table des matières

Liste des figures	VII
Liste des tableaux	VIII
Introduction générale	1
Chapitre 1 : L'organisation du projet	4
1.1. Introduction	4
1.2. Définitions	4
1.2.1. Projet	4
1.2.2. Projet informatique.....	6
1.2.3. Gestion de projet	6
1.2.3.1. Projet vs Gestion de projet	8
1.2.3.2. Projet vs Opération.....	9
1.2.4. Contraintes d'un projet.....	10
1.2.4.1. Contraintes de délais	12
1.2.4.2. Contraintes de coûts	12
1.2.4.3. Contraintes de qualité.....	13
1.3. Equipe du projet	13
1.3.1. Maîtrise d'ouvrage (MOA)	15
1.3.2. Maîtrise d'œuvre (MOE).....	15
1.3.3. Chef de projet	17
1.4. Tâches, jalons et livrables	19
1.4.1. Tâche	20
1.4.2. Jalon	22
1.4.3. Livrable	23
1.5. Budgétisation.....	23
1.6. Conclusion.....	25
Chapitre 2 : Planification et estimation des coûts	26
2.1. Introduction	26
2.2. Productivité des programmeurs.....	26
2.2.1. Gestion de projet informatique.....	26
2.2.2. Productivité	30
2.3. Techniques de planification	33
2.3.1. Cycle de vie d'un projet	33

2.3.2. Planification	36
2.3.3. Diagramme de Gantt	38
2.3.4. Réseau Pert.....	41
2.4. Estimation des coûts.....	46
2.4.1. COCOMO	48
2.4.2. Points de fonction.....	50
2.5. Conclusion.....	55
Exercices corrigés de planification	56
Chapitre 3 : Démarche qualité.....	61
3.1. Introduction.....	61
3.2. Les bases de la qualité.....	61
3.3. Les standards qualité (ISO 9126 et ISO 9001).....	64
3.3.1. Norme ISO 9001	65
3.3.2. Norme ISO 9126	66
3.4. Assurance qualité	68
3.4.1. Modèle CMM.....	68
3.4.2. Modèle SPICE.....	70
3.5. Conclusion.....	72
Examens & corrigés types.....	73
Conclusion générale	84
Références bibliographiques	86

Liste des figures

Figure 1.1 Gestion de projet	9
Figure 1.2 Triangle de la gestion de projet	11
Figure 1.3 La relation entre les trois caractéristiques de la gestion de projet	12
Figure 1.4 L'organisation de l'équipe du projet	14
Figure 1.5 Missions du chef de projet	18
Figure 2.1 Cycle de vie d'un projet	34
Figure 2.2 Les phases d'un projet	35
Figure 2.3 Présentation graphique de Pert	42
Figure 2.4 Unités d'œuvre de la méthode points de fonction	52

Liste des tableaux

Tableau 1.1 Points de différence entre un projet et la gestion de projet	8
Tableau 1.2 Projet vs Opération	10
Tableau 3.1 Démarche qualité aux différences phases du projet	64
Tableau 3.2 Caractéristiques et sous-caractéristiques d'ISO/IEC 9126	67
Tableau 3.3 Niveaux de maturité du modèle CMM	69

Introduction générale

La gestion de projet, bien qu'elle soit souvent perçue comme une discipline moderne, trouve ses racines à la fin du XIXe siècle. À cette époque, le monde des affaires devenait de plus en plus complexe, nécessitant une organisation rigoureuse pour des projets d'envergure tels que la construction du chemin de fer transcontinental aux États-Unis. Cette complexité a poussé des pionniers comme *Frederick Taylor* (1856–1915) à appliquer une approche scientifique au travail. *Taylor* a démontré que l'analyse et la décomposition des tâches permettent d'améliorer l'efficacité, un concept qui s'oppose à la simple augmentation de la durée et de la difficulté du travail. C'est ce qui lui a valu d'être reconnu comme "le père de la gestion scientifique". Son associé, *Henry Gantt* (1861–1919), a approfondi cette approche en introduisant le célèbre diagramme de Gantt, un outil toujours utilisé aujourd'hui pour planifier et suivre les projets.

Le milieu du XXe siècle a marqué un tournant important avec l'introduction des outils tels que les graphiques d'analyse PERT et la méthode du chemin critique, développés pendant la Seconde Guerre mondiale pour gérer des projets d'une complexité sans précédent. Ces outils ont permis un meilleur contrôle des projets, notamment en termes de gestion des délais et des ressources.

Aujourd'hui, la gestion de projet est devenue une discipline bien établie, indispensable à la réussite des entreprises. Depuis les années 1960, cette approche a pris de l'ampleur, notamment avec l'intégration horizontale des flux de travail et la coordination entre les différents services. Toutefois, malgré ces progrès, de nombreux projets, en particulier ceux liés aux programmes de développement, n'ont pas toujours atteint les résultats escomptés. Cela s'explique en partie par un manque d'adaptation aux contextes socio-économiques et l'absence de suivi adéquat. Les enseignements de *Taylor* et *Gantt* demeurent cependant pertinents pour optimiser l'organisation et la gestion des projets, offrant des méthodes éprouvées pour améliorer la coordination, la planification et l'efficacité dans un contexte professionnel en constante évolution.

Avec l'évolution de la gestion de projet au fil des décennies, des méthodologies de plus en plus structurées ont émergé pour répondre à la complexité croissante des environnements de travail et des projets à grande échelle. La gestion de projet, autrefois intuitive et empirique, s'est professionnalisée en intégrant des outils et des concepts issus de disciplines variées, notamment la recherche opérationnelle, qui ont aidé à optimiser la planification, l'organisation et la supervision des tâches. Cette évolution s'est accompagnée d'un besoin croissant de formaliser et d'uniformiser les pratiques dans ce domaine.

C'est dans ce contexte que diverses techniques et approches spécifiques ont été développées, souvent en réponse à des défis sectoriels particuliers. Progressivement, des associations professionnelles ont vu le jour pour reconnaître la spécificité du rôle de chef de projet, transcendant les particularités propres à chaque secteur d'activité. Ces associations ont contribué à rassembler des corpus de connaissances communes applicables à tous types de projets et à établir des certifications standardisées pour valider les compétences en management de projet.

Deux organisations ont particulièrement marqué cette structuration : le PMI (Project Management Institute)¹, fondé en 1969, qui délivre une certification reconnue mondialement basée sur le PMBOK (Project Management Body of Knowledge), et l'IPMA (International Project Management Association)², fondée en 1967, qui s'appuie sur l'ICB (IPMA Competence Baseline). Ces certifications ont joué un rôle clé dans la reconnaissance et la professionnalisation du management de projet, offrant aux chefs de projet des cadres méthodologiques applicables dans divers secteurs industriels et géographiques. L'AFITEP³, qui fait partie de l'IPMA, est un acteur majeur pour les professionnels francophones. Ainsi, la gestion de projet s'est peu à peu transformée en une discipline transversale, indispensable dans tous les domaines.

Dans ce polycopié pédagogique, destiné aux étudiants inscrits en 1^{ère} année Master – Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication (STIC) –, nous allons explorer les fondamentaux de la gestion de projets. Nous aborderons les concepts clés, en

¹ www.pmi.org

² www.ipma.ch

³ www.afitep.fr

commençant par la définition d'un projet, son cycle de vie, et les différentes phases qui le composent. Nous étudierons également les techniques de planification, telles que la gestion des délais, ainsi que l'importance de la démarche qualité. Ce parcours va permettre aux étudiants de mieux comprendre comment ces éléments interagissent pour garantir la réussite d'un projet, notamment dans les environnements complexes et technologiques.

Ce document est organisé comme suit :

Chapitre 1 : L'organisation du projet

Dans ce chapitre, nous allons présenter les concepts de base liés aux projets (tâches, durées, jalons, ...), leur gestion ainsi que les différents acteurs de l'équipe projet.

Chapitre 2 : Planification et estimation des coûts

Dans ce chapitre, les différentes phases du cycle de vie d'un projet seront discutées. Principalement, nous allons détailler les étapes de planification et d'estimation des coûts à travers des techniques et des modèles appropriés.

Chapitre 3 : Démarche qualité

Ce troisième chapitre sera consacré aux bases de la qualité logicielle et de la gestion de la qualité. Nous allons présenter également des exemples des normes et des modèles à l'image de la norme ISO 9126 et le modèle CMM.

Chapitre 1 : L'organisation du projet

1.1. Introduction

La gestion de projet est devenue une compétence incontournable dans de nombreux domaines, car elle permet de structurer et de coordonner efficacement des initiatives souvent complexes. Elle repose sur des méthodologies spécifiques qui visent à assurer le bon déroulement des projets en respectant les délais, le budget et les exigences de qualité.

Les projets, quant à eux, se distinguent des activités courantes par leur nature temporaire et leur objectif unique. Ils mobilisent des ressources variées et nécessitent une organisation rigoureuse pour atteindre des résultats précis dans un cadre donné.

Dans ce premier chapitre, nous allons explorer les concepts fondamentaux liés à l'organisation des projets, en détaillant les notions de projet et gestion de projet ainsi que les concepts afférents. Ces notions et concepts sont principalement repris des ouvrages (Yende, 2019 ; Abdelhadi, n.d ; Stackpole, 2013 ; Rota, 2009 ; Thakkar, 2022 ; Pillou, 2006).

1.2. Définitions

1.2.1. Projet

*PMBOK GUIDE*⁴. Un projet est une **initiative (action) temporaire** entreprise dans le but de créer un **produit**, un **service** ou un **résultat unique**.

Havard Business Review. Un **ensemble unique d'activités** destinées à produire un **résultat défini** dans un cadre **temporel** établi avec une **allocation spécifique de ressources**.

Norme ISO 10006 (version 2003). Un projet est un processus unique qui consiste en un **ensemble d'activités coordonnées et maîtrisées**, comportant des dates de début et de fin,

⁴ Project Management Body of Knowledge

entrepris dans le but d'atteindre un **objectif** conforme à des exigences spécifiques, incluant des **contraintes** de délais, de coûts et de ressources.

AFNOR Z67-101. Un projet est défini par un **ensemble d'activités** qui sont prises en charge, dans un **délai donné** et dans des **limites de ressources imparties**, par des **personnes** qui y sont affectées, dans le but d'atteindre des objectifs définis.

AFITEP. Un ensemble d'**actions** à réaliser pour satisfaire un **objectif défini**, dans le cadre d'une **mission précise**, et pour la réalisation desquelles on a identifié non seulement un **début**, mais aussi une **fin**.

À partir de ces diverses définitions, nous pouvons dégager les caractéristiques essentielles d'un projet qui se manifestent par :

- Une phase délimitée dans le temps, qui se situe entre deux états distincts, marqués par un début et une fin, clairement définis.
- Il s'intéresse à l'accomplissement d'un ou plusieurs objectifs qui constituent le résultat visé.
- La délimitation du projet ne concerne pas la dimension temporelle seulement, mais en termes de ressources aussi. Ces ressources englobent les éléments matériels, financiers et humains nécessaires à la réalisation du projet.
- Un projet possède invariablement un coût associé. Par conséquent, il est impératif à procéder à une budgétisation des moyens requis, ainsi qu'à un bilan spécifique qui est indépendant de celui de l'entreprise globale.
- Chaque projet est une entité distincte avec ses propres caractéristiques et son propre objectif à atteindre. De ce fait, on peut dire qu'un projet est un processus unique qui se caractérise par deux aspects essentiels. Premièrement, les activités planifiées pour atteindre l'objectif sont élaborées en tenant compte des spécificités propres à chaque projet. Deuxièmement, ces activités ne sont mises en œuvre qu'une seule fois, ce qui confère une double unicité au processus : d'une part, au niveau du type de projet, et d'autre part, au niveau de l'instance particulière du projet.

1.2.2. Projet informatique

Un projet informatique est un ensemble d'activités et d'actions coordonnées visant à répondre à des besoins spécifiques d'informatisation dans un contexte défini. Ce projet doit concilier des objectifs fonctionnels précis, tout en respectant les spécifications techniques, les contraintes temporelles, budgétaires, et matérielles.

La réussite d'un projet informatique repose sur l'optimisation des ressources disponibles, incluant le temps, le budget et la qualité, qui doivent être rigoureusement gérés. Les outils et services technologiques jouent un rôle essentiel dans le développement, la gestion, et la mise en œuvre du projet.

La complexité d'un projet informatique réside dans la diversité des compétences mobilisées. Il exige la collaboration de plusieurs profils, tels que des techniciens, des experts métier, des spécialistes du marketing et des gestionnaires. Cette diversité de compétences est nécessaire pour naviguer à travers les différents défis techniques et organisationnels à chaque phase du projet.

1.2.3. Gestion de projet

*Wikipédia*⁵. La gestion de projet ou le management de projet, est l'ensemble des activités visant à organiser le bon déroulement d'un projet et en atteindre les objectifs. Elle consiste à appliquer les méthodes, techniques et outils de gestion spécifiques aux différentes étapes du projet, de l'évaluation de l'opportunité jusqu'à l'achèvement du projet.

Cette activité porte également le nom de **conduite de projet**, **pilotage de projet**, **ingénierie de projet**, ou encore **management de projet**.

AFNOR. La gestion de projet couvre l'ensemble des outils, techniques et méthodes qui permettent au chef de projet et à l'équipe plus ou moins nombreuse, qui lui est directement associée, de conduire, coordonner et harmoniser les diverses tâches exécutées dans le cadre du projet, afin qu'il satisfasse aux besoins explicites et implicites pour lesquels il a été entrepris.

⁵ https://fr.wikipedia.org/wiki/Gestion_de_projet#cite_note-:1-2

PMBOK. La gestion de projet est une démarche visant à organiser de bout en bout le bon déroulement d'un projet. Lorsque la gestion de projet porte sur un ensemble de projets concourant à un même objectif, on parle de gestion de programme.

La gestion de projet est l'application de connaissances, de compétences, d'outils et de techniques aux activités d'un projet afin d'en satisfaire les exigences. Elle s'effectue en appliquant et en intégrant, de manière appropriée, les processus de gestion de projet identifiés pour le projet. De plus, elle permet aux organisations d'exécuter des projets de manière efficace.

Une gestion de projet efficace aide les personnes, les groupes et les organisations publiques et privées à :

- Atteindre les objectifs commerciaux définis,
- Répondre aux attentes des parties prenantes,
- Être plus prévisibles,
- Accroître les chances de succès,
- Livrer les bons produits au moment opportun,
- Résoudre les problèmes et points à traiter,
- Gérer à temps la réponse aux risques,
- Optimiser l'utilisation des ressources organisationnelles,
- Identifier, récupérer ou mettre fin aux projets voués à l'échec,
- Gérer les contraintes (par exemple, le périmètre, la qualité, l'échéancier, les coûts, les ressources),
- Mettre en balance l'influence des contraintes sur le projet (par exemple, une augmentation du périmètre du projet peut entraîner une hausse du coût ou une accélération de l'échéancier),
- Mieux gérer les changements.

Trouver un équilibre entre des contraintes concurrentes est au cœur de la gestion de projet. Parmi ces contraintes figurent le contenu (objectif), le coût, le délai et la qualité. À cela s'ajoute la nécessité de répondre à la fois aux besoins exprimés, c'est-à-dire les exigences identifiées, et aux attentes plus implicites, souvent non formalisées dès le début. Une gestion de projet efficace repose sur la maîtrise de ces éléments.

En revanche, l'absence d'une telle gestion ou une mauvaise gestion entraîne des conséquences graves. Les délais peuvent ne pas être respectés, conduisant à des retards qui perturbent l'ensemble du planning. Le budget initial est souvent dépassé, et la qualité du livrable compromise, nécessitant des reprises coûteuses. De plus, le projet peut subir une expansion incontrôlée, échappant à tout contrôle. Cela nuit à la réputation de l'organisation et laisse les parties prenantes insatisfaites, avec des objectifs inatteignables.

Une gestion de projet efficace doit être considérée comme une compétence stratégique au sein des organisations, que le chef de projet doit exploiter en s'adaptant aux caractéristiques de chaque projet. Il doit donc développer des qualités d'analyse et de compréhension de l'environnement de chaque projet. Si, en outre, il est accompagné d'une équipe et que de nombreux acteurs sont partie prenante du projet, il doit déployer des qualités interpersonnelles pour animer et coordonner cette communauté.

1.2.3.1. Projet vs Gestion de projet

Il existe quelques différences entre un projet et la gestion de projet que nous allons résumer dans le tableau suivant (Tableau 1.1).

Tableau 1.1 Points de différence entre un projet et la gestion de projet

	Projet	Gestion de projet
Concepts clés	- Un projet est une initiative temporaire. - Conçu pour produire un produit ou un service unique. - Possède un début et une fin définis. - Vise à répondre à des objectifs et des buts spécifiques. - A pour but d'ajouter de la valeur.	- La gestion de projet est un travail d'équipe. - Vise à atteindre des objectifs spécifiques. - Respecte des critères de réussite précis. - Doit se dérouler dans un temps imparti. - Contient plusieurs phases : Initiation, Planification, Exécution, Contrôle et Clôture du projet.
Type	- Projets personnels - Projets organisationnels - Projets nationaux - Projets globaux Exemples - Construction - Santé - Ingénierie - Informatique - Énergie	- Agile (pour une flexibilité et une rapidité extrême) - Traditionnelle - Analyse du chemin critique - Adaptative - Technique d'évaluation et de révision de programme (PERT) - Processus unifié rationnel - Scrum - Six Sigma

Facteurs d' échec	- Mauvais alignement des objectifs avec les objectifs organisationnels - Attentes irréalistes - Manque de parrainage exécutif - Manque de compétences et de techniques de gestion appropriées	- Désillusion des équipes - Chaos - Recherche des coupables - Puniton des innocents - Promotion de ceux qui n'ont pas participé
--------------------------	--	---

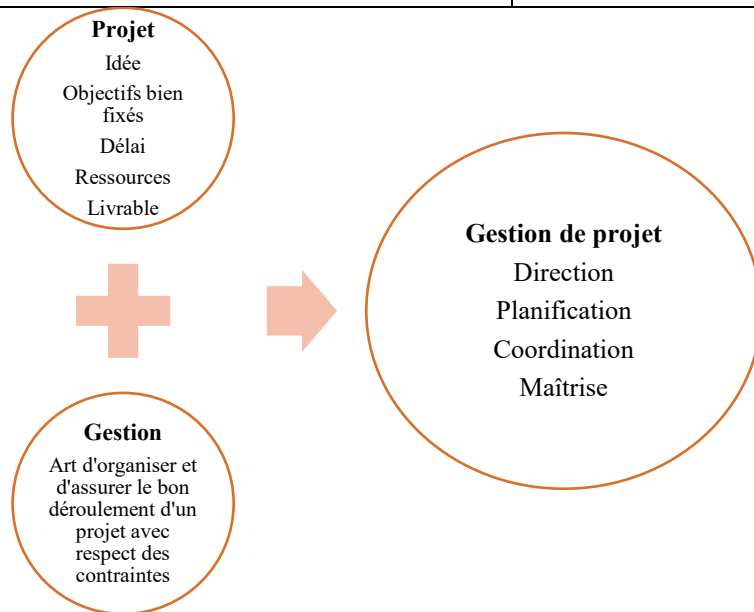


Figure 1.1 Gestion de projet

1.2.3.2. Projet vs Opération

Une opération est une activité ou un ensemble d'activités répétitives et continues effectuées dans le cadre d'une organisation pour maintenir les processus quotidiens et générer des résultats réguliers. Les opérations sont centrées sur l'efficacité, la productivité et la continuité d'un produit ou service, et elles n'ont généralement pas de date de fin définie. Leur but est de maintenir ou d'améliorer les services ou produits existants.

La gestion des opérations est un domaine qui se situe en dehors du périmètre de la gestion de projet. La gestion des opérations porte sur la production en continu de biens ou de services. Elle s'assure que les opérations commerciales se poursuivent efficacement en utilisant un niveau de ressources optimal nécessaire pour répondre aux exigences des clients. Il se rapporte à la gestion

des processus qui transforment les données d'entrée (les matériaux, les composants, l'énergie et la main d'œuvre, etc.) en données de sortie (les produits, les marchandises ou les services, etc.).

Le tableau 1.2 résume les différences clés entre les projets et les opérations.

Tableau 1.2 Projet vs Opération

Projets	Opérations
Milieu Inconnu, innovant, organisation temporaire	Milieu Répétitif, organisation stable
Processus historique Décisions irréversibles	Processus récurrent Décisions réversibles
Incertitude forte Variables exogènes, degrés de liberté	Incertitude faible Variables endogènes, actions encadrées
Cash-flow⁶ négatif Il faut investir avant d'avoir un retour	Cash-flow positif Le fonctionnement dégage un bénéfice
Créer les futures activités Qui assurent l'avenir de l'entreprise	Maintient les activités existantes Celles qui font vivre l'entreprise
Difficulté Gérer un « saut dans l'inconnu » complexe	Difficulté Intervenir rapidement en cas de blocage

1.2.4. Contraintes d'un projet

Pour atteindre l'objectif, le chef de projet doit prendre en compte trois contraintes majeures : la qualité du livrable (contenu), le délai (calendrier) et le coût (budget). Ces trois éléments forment le fameux triangle de la gestion de projet (figure 1.2).

⁶ Terme financier, il s'agit d'un ratio utilisé pour mesurer la marge financière et bénéficiaire d'une entreprise sur une période précise.

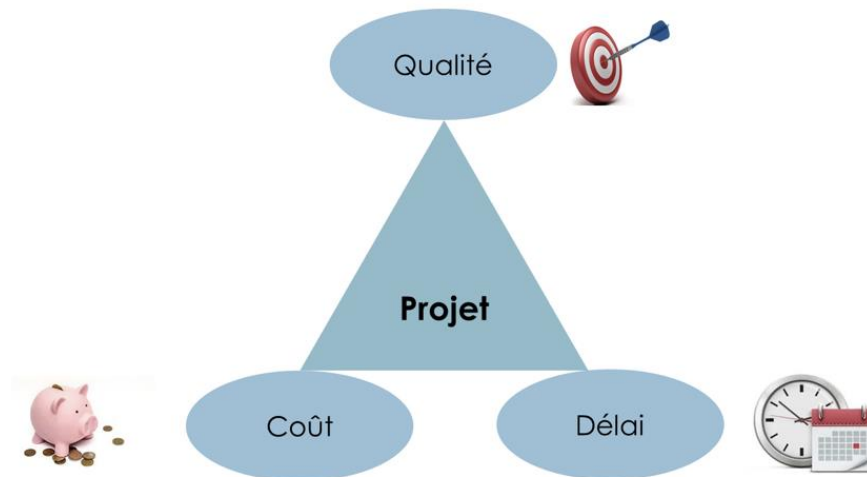


Figure 1.2 Triangle de la gestion de projet

La **qualité** répond aux questions « Quoi ? » et « Comment ? ». Elle concerne la gestion du produit, incluant les aspects techniques, les fonctionnalités, les composants et le mode opératoire pour s'assurer que le projet respecte les exigences définies. Les **délais**, répondant à la question « Quand ? », se rapportent à la gestion du temps et au respect du planning établi. Enfin, le **coût**, répondant à la question « Combien ? », couvre la gestion financière, incluant l'évaluation des charges et des moyens nécessaires pour la réalisation du projet.

Il existe deux écoles de pensée à ce sujet. La première considère que la réussite d'un projet repose uniquement sur la gestion de la qualité, du coût et des délais. La seconde, plus récente, y ajoute un quatrième facteur essentiel : **la satisfaction du client**.

Ainsi, le succès d'un projet se mesure non seulement à la qualité du résultat final — la conformité du produit par rapport aux attentes initiales — mais également à la satisfaction du client. Pour être véritablement couronné de succès, un projet doit donc être livré dans les délais impartis, respecter le budget alloué et répondre aux besoins et attentes des parties prenantes.

Il est difficile de maintenir un équilibre adéquat entre ces trois composantes, généralement reconnues comme des compromis en gestion de projet, comme le montre la figure 1.3. En effet, l'ajout d'un contenu supplémentaire nécessitant une meilleure qualité, affecte le budget, voire le délai. Raccourcir le délai de réalisation, pour respecter une date réglementaire par exemple, nécessitera d'ajuster le contenu à la baisse ou d'augmenter le budget en affectant de nouvelles ressources.

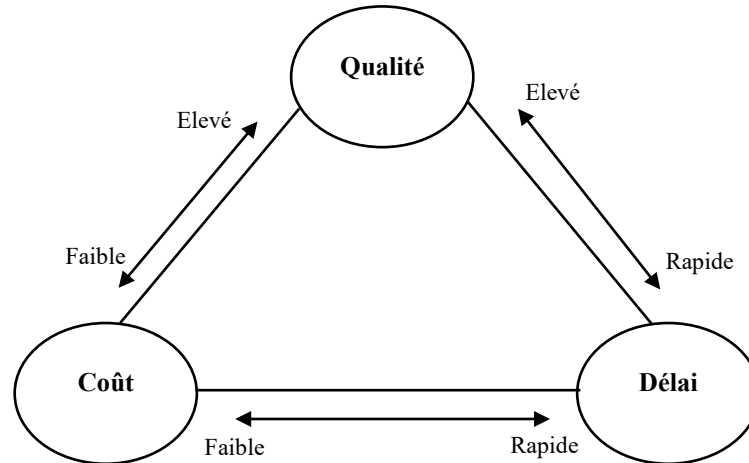


Figure 1.3 La relation entre les trois contraintes de la gestion de projet

1.2.4.1. Contraintes de délais

C'est la fenêtre temporelle à l'intérieur de laquelle le projet doit être réalisé. Il existe deux types de contrainte de délai.

- ❑ *Contrainte externe absolue* : contraintes externes au projet qui s'imposent à tous. Si elle n'est pas respectée, le projet n'a plus de sens. **Exemple** : Une manifestation sportive à une date donnée.
- ❑ *Contraintes dues aux clients*
 - Contrainte externe « fixe » : Elle est souvent contractuelle, généralement moins forte que la contrainte externe absolue, elle est souvent assortie d'une pénalité de retard.
 - Contrainte externe « variable » : Elle concerne la réalisation d'une partie du projet qui est liée à un événement dont la date n'est pas absolument fixe. **Exemple** : les projets de sous-traitance.

1.2.4.2. Contraintes de coûts

C'est le budget alloué pour réaliser le projet. Il existe deux types de contrainte de coût.

- ❑ *Contrainte de rentabilité* : Marge entre les rapports du projet et les coûts engagés pour sa réalisation

- ❑ *Contrainte pour l'équilibre financier de l'entreprise*

1.2.4.3. Contraintes de qualité

Ces contraintes se caractérisent par :

- ❑ Contraintes fortes, leur non-respect est susceptible de remettre en cause le projet lui-même. **Exemple**, des impératifs légaux, de santé ou de sécurité publique.
- ❑ Des impératifs de nature commerciale, des engagements contractuels existent : le projet doit s'y conformer.
- ❑ La certification de l'entreprise dans un système d'assurance qualité faite qu'elle se doit de respecter certaines règles.

1.3. Equipe du projet

Le projet est avant tout une aventure humaine, qui mobilise un ensemble **d'acteurs** pour atteindre un but. Chaque acteur assume, dans le projet, une responsabilité propre : planifier, concevoir, développer, valider, tester...

Un acteur est une personne qui joue un *rôle* dans le déroulement du projet. La notion de rôle est importante dans un univers projet. C'est une fonction temporaire, déconnectée de la place qu'occupe la personne dans l'organigramme de l'entreprise ; on attache au rôle des activités à effectuer et une responsabilité. Quand on organise un projet, on commence par déterminer les rôles nécessaires (figure 1.4).

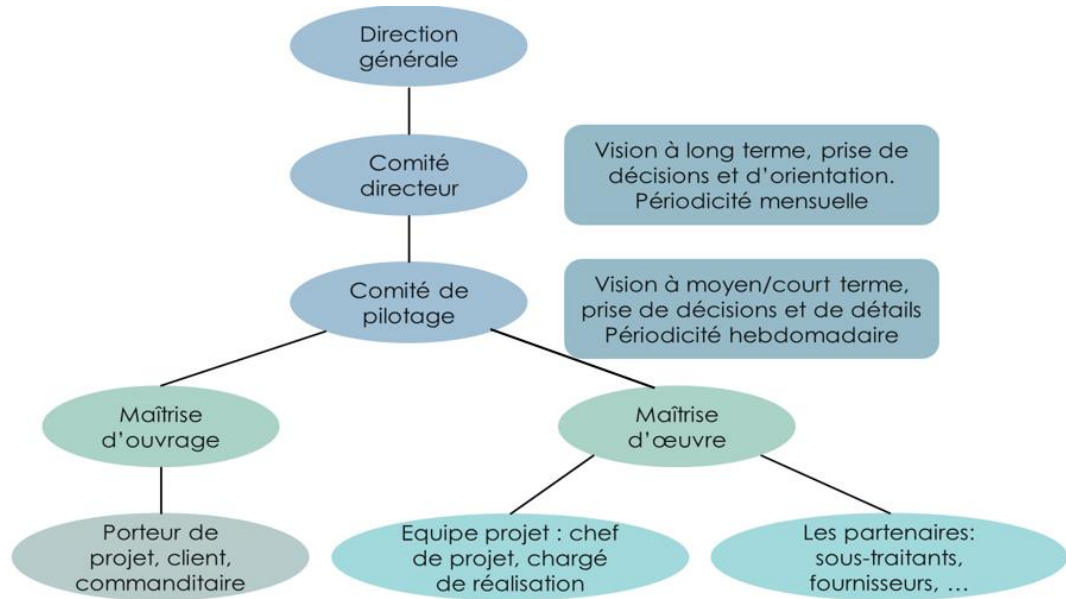


Figure 1.4. L'organisation de l'équipe du projet

On distingue deux principaux types d'acteurs :

- Le maître d'ouvrage (client exprimant un besoin) et
- Le maître d'œuvre (fournisseur répondant au besoin).

Les notions de maîtrise d'ouvrage (MOA) et de maîtrise d'œuvre (MOE) sont des concepts clés dans la gestion des contrats et des projets, et il est essentiel de bien définir leurs responsabilités respectives afin de garantir une compréhension claire de leurs rôles au sein d'un projet.

La maîtrise d'ouvrage (MOA) est responsable de l'expression du besoin, qui constitue l'objectif principal du projet. Son rôle est de formuler ce besoin dans un document appelé cahier des charges fonctionnel ou spécifications fonctionnelles, qui décrit les attentes et les exigences du projet. Dans le cadre d'un projet informatique, la MOA prépare également des cas de tests fonctionnels pour s'assurer que les développements ou paramétrages réalisés par la maîtrise d'œuvre répondent bien aux besoins définis.

La MOA possède une connaissance approfondie des processus métiers liés au projet, ainsi que des attentes en termes de nouvelles fonctionnalités que le projet doit apporter. Elle a pour

mission de fournir à la maîtrise d'œuvre (MOE) le cahier des charges fonctionnel, permettant ainsi à cette dernière de concrétiser le projet conformément aux spécifications définies.

1.3.1. Maîtrise d'ouvrage (MOA)

La maîtrise d'ouvrage détient la **connaissance fonctionnelle** du domaine dans lequel s'inscrit le projet. Selon l'*AFNOR*, le maître d'ouvrage est « *la personne physique ou, le plus souvent, personne morale qui sera le propriétaire de l'ouvrage. Il fixe les objectifs, l'enveloppe budgétaire et les délais souhaités pour le projet* ». À ce titre, il « *assure le paiement des dépenses liées à la réalisation* ». La maîtrise d'ouvrage détient la connaissance fonctionnelle du domaine dans lequel s'inscrit le projet.

La MOA est le donneur d'ordre au profit de qui l'ouvrage est réalisé, et est responsable sur :

- ☐ La rédaction du cahier des charges fonctionnel (CDC fonctionnel) : définir le périmètre, déterminer les objectifs, allouer un budget global, fixer un délai de livraison,
- ☐ Choix de la maîtrise d'œuvre,
- ☐ Piloter le projet : animer les comités de pilotage, valider les jalons,
- ☐ Effectuer la recette fonctionnelle,
- ☐ Contrôler l'évolution du système,
- ☐ Gestion du déploiement du changement,
- ☐ Validation des résultats intermédiaires et finaux du projet.

1.3.2. Maîtrise d'œuvre (MOE)

La maîtrise d'œuvre (MOE) est responsable de la qualité technique de la solution, du respect des coûts et des délais. Elle reçoit le besoin exprimé par la maîtrise d'ouvrage (MOA) et s'efforce d'y répondre par des solutions techniques adaptées.

Pour ce faire, la MOE élabore un document, souvent appelé Cahier des Charges Technique (CDC technique), dossier de paramétrage, dossier de conception générale, ou encore étude

technique, qui détaille la réponse technique au besoin. Ce document sert de base pour les développements et paramétrages nécessaires à la réalisation du projet.

Le maître d'œuvre est défini comme la personne physique ou morale chargée de réaliser l'ouvrage pour le compte de la maîtrise d'ouvrage. Il assume la responsabilité globale de la qualité technique, du respect des délais et du budget. L'œuvre, quant à elle, se réfère au processus de réalisation de l'ouvrage, impliquant la mise en place et la gestion des moyens nécessaires à cette réalisation.

Maîtrise d'œuvre (MOE) est responsable sur :

- ☐ Conception de la solution,
- ☐ Réalisation ou faire réaliser l'ouvrage : acheter ou sous-traiter,
- ☐ Assurer la coordination de l'équipe de réalisation,
- ☐ Assurer le bon déroulement du projet : respecter le budget, respecter la date de livraison, veiller à la qualité des livrables,
- ☐ Définir et lancer les études et développements spécifiés dans le contrat, le cahier des charges du projet,
- ☐ Assister et rendre compte à la MOA.

De plus en plus, la dichotomie du modèle classique maître d'ouvrage/maître d'œuvre tend à rigidifier les rapports au sein d'un projet. Dans certains contextes, le pilotage conjoint devient un nouveau mode de pilotage.

Dans ce mode de fonctionnement, les décisions, tant au niveau fonctionnel que technique et financier, sont prises en commun et en toute connaissance de cause. Cela implique que les deux représentants travaillent en totale transparence, et qu'ils aient la disponibilité nécessaire pour ce genre de démarche. Il faut aussi que le représentant client (ou utilisateur) ait le pouvoir de décider en matière budgétaire. Cette organisation de projet nécessite une grande souplesse contractuelle.

1.3.3. Chef de projet

Le chef de projet est la personne responsable de la gestion globale d'un projet, tant au niveau des coûts que des délais. Il a pour mission principale de rédiger, suivre et mettre en œuvre le plan de projet, en veillant à l'atteinte des objectifs fixés. En tant que responsable, il doit répondre aux besoins de la tâche, de l'équipe et des individus, tout en assurant une coordination efficace des différentes parties prenantes.

La gestion de projet étant une discipline stratégique essentielle, le chef de projet joue un rôle clé en servant de lien entre la stratégie de l'organisation et l'équipe opérationnelle. Il veille à ce que les actions menées soient alignées avec les objectifs stratégiques, et garantit la bonne exécution des activités nécessaires à la réussite du projet.

Les projets, indispensables à la croissance et à la survie des organisations, créent de la valeur en améliorant les processus métiers et en facilitant le développement de nouveaux produits et services. Ils permettent également aux entreprises de s'adapter plus rapidement aux changements de leur environnement, de la concurrence et du marché. Ainsi, le rôle du chef de projet devient de plus en plus stratégique, requérant une maîtrise des bonnes pratiques, des outils et des techniques de gestion, tout en restant centré sur l'atteinte des résultats.

La mission d'un chef de projet peut être partagée en quatre volets différents, présentés à la figure 1.5.

En plus de ses missions techniques et organisationnelles, le chef de projet doit également maîtriser un ensemble de compétences interpersonnelles essentielles pour diriger efficacement une équipe et assurer le bon déroulement du projet. Ces compétences sont indispensables non seulement pour encadrer les membres de l'équipe, mais aussi pour résoudre des problèmes, gérer les parties prenantes, et maintenir un environnement de travail harmonieux et productif. Parmi ces compétences, on retrouve :

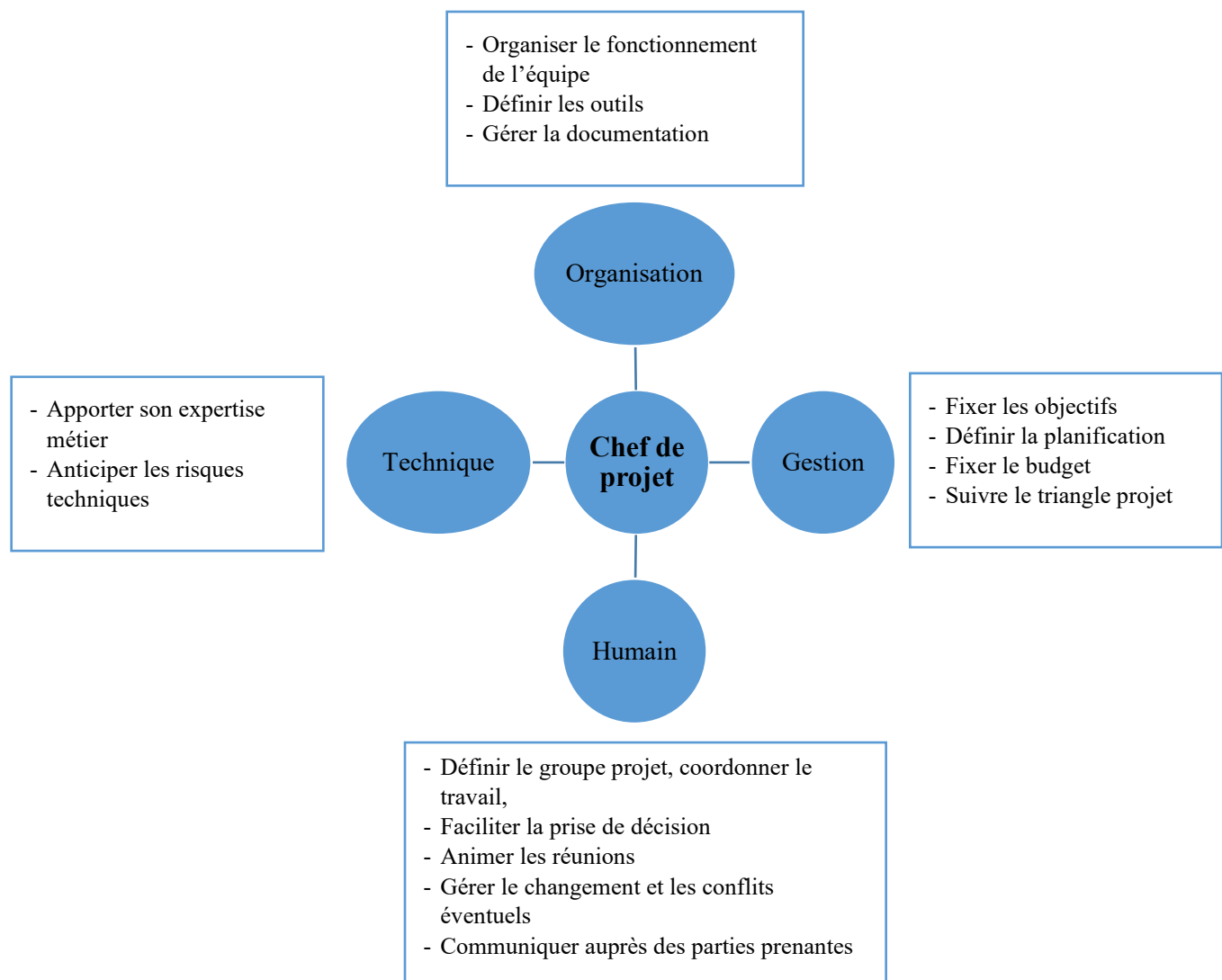


Figure 1.5 Missions du chef de projet

- *Leadership* : Capacité à guider l'équipe et à prendre des décisions stratégiques.
- *Création d'équipe* : Savoir développer la cohésion et l'esprit d'équipe pour atteindre les objectifs communs.
- *Motivation* : Encourager et inspirer les membres de l'équipe pour maintenir un haut niveau de performance.
- *Communication* : Assurer une transmission claire et efficace des informations entre tous les acteurs du projet.

- *Influence* : Capacité à convaincre et à mobiliser les ressources nécessaires pour faire avancer le projet.
- *Prise de décision* : Compétence pour prendre des décisions éclairées rapidement, souvent dans des contextes incertains.
- *Connaissance politique et culturelle* : Comprendre et naviguer dans les dynamiques politiques et culturelles propres à l'organisation et aux parties prenantes.
- *Négociation* : Savoir trouver des compromis et des solutions avantageuses pour toutes les parties.
- *Création de confiance* : Établir des relations solides basées sur la transparence et la fiabilité.
- *Gestion des conflits* : Résoudre les désaccords de manière constructive pour éviter que ceux-ci n'entravent l'avancement du projet.
- *Coaching* : Aider les membres de l'équipe à se développer professionnellement et à renforcer leurs compétences.

1.4. Tâches, jalons et livrables

Dans la gestion de projet, il est essentiel de bien comprendre trois concepts fondamentaux : les tâches, les jalons et les livrables. Ces éléments structurent le projet et permettent de suivre son avancement de manière organisée et méthodique. Les **tâches** représentent les actions spécifiques à entreprendre pour atteindre les objectifs du projet. Elles constituent les étapes opérationnelles qui jalonnent la réalisation du projet. Les **jalons**, quant à eux, sont des points de contrôle clés qui marquent des étapes importantes ou des moments critiques dans l'exécution du projet. Ils permettent d'évaluer l'avancement et d'anticiper les ajustements nécessaires. Enfin, les **livrables** sont les résultats concrets et tangibles produits à chaque phase du projet. Ils traduisent la réalisation des objectifs intermédiaires et finaux, et leur validation par les parties prenantes atteste de l'avancée et du succès du projet.

1.4.1. Tâche

Un projet est généralement structuré en plusieurs phases, chacune visant à atteindre un objectif précis. Ces objectifs sont ensuite déclinés en un ensemble de tâches spécifiques, qui s'enchaînent pour mener à la production des livrables attendus. Ce processus, souvent appelé cycle de vie du projet, assure une progression ordonnée et mesurable vers la réalisation finale.

Une tâche i est un travail (action, opération ou ensemble d'opérations) concrètement identifiable, concerné par la réalisation, et dont l'exécution se trouve complètement décrite par les caractéristiques suivantes :

- Identité (nom de la tâche),
- Un objectif précis et mesurable,
- Limite chronologique bien définie,
- Une date de début d_i de la tâche i ,
- Une date de fin f_i de la tâche i ,
- Une durée représentée par la différence entre sa date de début et sa date de fin : $t_i = f_i - d_i$,
- Des moyens (ressources) : il s'agit de divers moyens (matériel, personnel, fournitures, financiers, ...) qui sont nécessaires à la réalisation,
- Une liaison (une dépendance) à au moins une autre tâche du projet,
- Une charge de travail exprimée en nombre de journées-homme,
- La tâche doit être assez courte ($< ou =$ à 15 jours).

Aux dates de début et de fin d'une tâche, il est courant d'identifier des dates au plus tôt et au plus tard, qui offrent une certaine flexibilité dans la planification.

- *Date de début au plus tôt*, correspond au moment le plus rapide où la tâche peut être lancée. Autrement dit, c'est la date minimum à laquelle la tâche peut commencer.
- *Date de début au plus tard*, détermine la limite maximale pour démarrer sans compromettre le reste du projet. Autrement dit, c'est la date limite de sa réalisation, après quoi le projet sera retardé.

- *Date de fin au plus tôt*, correspond au moment le plus rapide où une tâche peut être achevée, en supposant qu'elle ait commencé dès que possible, c'est-à-dire à sa date de début au plus tôt.
- *Date de fin au plus tard*, est la limite maximale à laquelle une tâche peut être terminée sans retarder le projet global ou affecter les tâches suivantes. Il s'agit de la date à laquelle la tâche se termine si elle commence à sa date de début au plus tard. Cette date représente le dernier moment possible pour achever une tâche sans compromettre l'échéancier établi du projet.

Chaque tâche, en plus de ses différentes dates (début et fin au plus tôt, début et fin au plus tard), dispose également de deux types de marges.

La marge totale représente le temps maximum dont une tâche peut disposer avant de retarder le projet global. Elle peut également, être définie comme le délai qui peut être accordé au commencement de la tâche sans qu'il y ait un retard dans la réalisation du projet.

La marge libre correspond au délai dont une tâche peut bénéficier sans affecter directement les tâches qui lui succèdent. Ces marges permettent de mieux gérer les imprévus et d'optimiser l'organisation des activités. Elle détermine le délai accordé au commencement de la tâche sans la modification des marges totales des tâches postérieures. Un retard supérieur à la marge libre se répercute sur les tâches suivantes en diminuant leurs marges libres.

Pour mener à bien une tâche, il est essentiel de disposer de ressources adéquates. Ces ressources, qu'elles soient matérielles, humaines ou financières, sont mobilisées en fonction des besoins spécifiques de chaque activité. Leur gestion efficace est cruciale pour garantir le bon déroulement du projet dans les délais impartis.

Les ressources représentent l'ensemble des moyens techniques ou humains utilisés pour réaliser une ou plusieurs tâches, et elles peuvent prendre diverses formes : matérielles, humaines ou financières. On distingue principalement deux types de ressources : les **ressources renouvelables** et les **ressources consommables**.

- Une ressource est dite **consommable** lorsqu'elle est épuisée après son allocation à une tâche, comme l'argent ou les matières premières. Une fois utilisée, elle n'est plus disponible pour les tâches suivantes, comme l'argent, la matière première, etc.
- Une ressource est considérée comme **renouvelable** lorsqu'elle devient à nouveau disponible après la fin de la tâche à laquelle elle a été attribuée. Cela inclut des éléments tels que les machines, les processeurs, les fichiers ou le personnel. Parmi les ressources renouvelables, on distingue deux sous-catégories :
 - Les *ressources disjonctives* (ou *non partageables*) qui ne peuvent être utilisées que pour une seule tâche à la fois, comme une machine ou un robot.
 - Les *ressources cumulatives* (ou *partageables*) qui peuvent être utilisées par plusieurs tâches simultanément, comme une équipe d'ouvriers ou un poste de travail.

1.4.2. Jalon

Les jalons d'un projet sont des événements clés qui marquent des étapes importantes dans l'avancement du projet. Ils signalent des moments de progression significative, représentent des dates cruciales pour la réalisation et sont souvent associés à la production concrète de livrables.

Dans le cadre du planning, les jalons jouent un rôle important en délimitant le début et la fin de chaque phase du projet, tout en servant de points de synchronisation pour l'équipe. Ils permettent de valider les étapes franchies et de s'assurer que le projet évolue conformément aux objectifs fixés.

Les jalons (milesones) permettent de scinder le projet en phases clairement identifiées, évitant ainsi d'avoir une fin de projet à trop longue échéance (on parle généralement d'effet tunnel pour désigner un projet de longue durée sans échéance intermédiaire). Un jalon peut être la production d'un document, la tenue d'une réunion ou bien encore un livrable d'un projet. Les jalons sont des tâches de durée nulle, représentées sur le diagramme par un symbole particulier, la plupart du temps un losange.

Exemple. Dans un projet de développement d'une application mobile, plusieurs jalons peuvent être définis pour suivre la progression du projet. Le premier jalon pourrait être la *validation des spécifications fonctionnelles*, marquant la fin de la phase de planification et le début du

développement. Ensuite, un autre jalon clé pourrait être la *livraison de la première version prototype*, indiquant la fin de la phase de développement initial. Un troisième jalon pourrait être *l'achèvement des tests utilisateurs*, qui délimite la fin de la phase de test et de correction. Enfin, le jalon final serait la *mise en production de l'application*, marquant la fin du projet.

1.4.3. Livrable

Un livrable est un produit ou un service formellement remis par un fournisseur à un client, qui respecte des protocoles définis par contrat, incluant des critères tels que la forme, le contenu, l'échéancier, ainsi que les normes et procédures de livraison et d'approbation. Il peut s'agir d'un résultat tangible, intangible, mesurable ou vérifiable, obtenu à la fin d'une partie ou de l'ensemble du projet.

La notion de livrable ne se limite pas à la finalité du projet, telle qu'un produit ou un service abouti. Elle englobe également les réalisations intermédiaires (documents de travail, budgets, etc.), qui sont des éléments clés pour la progression du projet. Le cahier des charges joue un rôle essentiel en décrivant clairement ces livrables, afin d'éviter toute divergence par rapport aux attentes du client.

Exemple. Des *livrables finaux* peuvent être des applications logicielles, construction, rapport d'étude, etc.

Des *livrables intermédiaires* peuvent inclure une étude de faisabilité, une étude des risques, un plan de communication, etc.

1.5. Budgétisation

La budgétisation est un élément fondamental de la gestion de projet, car elle permet de définir les ressources financières nécessaires à la réalisation des objectifs fixés. Une bonne planification budgétaire contribue non seulement à la viabilité du projet, mais aussi à sa réussite en garantissant une allocation efficace des ressources. En intégrant des estimations précises et des réserves pour imprévus, les chefs de projet peuvent mieux anticiper les défis financiers et s'assurer que le projet reste sur la bonne voie tout au long de son déroulement.

Le budget d'un projet dépend évidemment de la durée du projet. La maîtrise du budget est donc indissociable de la maîtrise des délais qui est elle-même subordonnée à la performance technique. La garantie des objectifs de budget passe donc par la maîtrise de la technique du projet.

Le coût du projet correspond à la somme de ses ressources humaines, matérielles et logicielles. Son évaluation est basée sur trois points importants :

- **Estimation de Base** : Total des coûts de toutes les activités du projet.
- **Réserve de Contenu** : Montant prévu pour des éléments non spécifiés mais nécessaires (ex : frais de déplacement).
- **Provision pour Risques** : Montant pour couvrir des imprévus, pas pour compenser de mauvaises estimations initiales.

Une fois la budgétisation établie, la gestion efficace des coûts devient cruciale pour le succès du projet. La maîtrise des coûts implique une surveillance continue et un ajustement des dépenses pour garantir que le projet reste dans les limites financières prévues. Cela nécessite la mise en place de processus rigoureux pour suivre les coûts engagés et anticiper les variations. Ainsi, le rapport de coût joue un rôle clé en fournissant une vue d'ensemble des performances budgétaires et en permettant aux gestionnaires de prendre des décisions éclairées pour optimiser les ressources.

Maîtrise des Coûts (Cost Control) est un processus permettant, pendant toute la durée d'un projet, de prévoir suivre et optimiser tous les coûts des activités successives avec l'objectif de maîtriser un coût prévisionnel final.

Rapport de Coût (Cost Report) document périodique sous forme de tableaux et/ou de diagrammes, récapitulant pour chacune des lignes budgétaires : le budget initial et ses révisions éventuelles ; les engagements à une date donnée ; l'estimation des coûts futurs jusqu'à l'achèvement du projet ; le coût total prévisionnel, son écart avec le budget éventuellement révisé et sa dérive par rapport au précédent coût total prévisionnel.

Exemple. Budgétisation d'un projet fictif de création de site web

Définition des coûts	
Développement du site web	5000 euros
Conception graphique UX/UI	2000 euros
Contenu (rédaction, images, vidéos)	1000 euros
Hébergement et nom de domaine	200 euros
Marketing et publicité en ligne	1500 euros
Frais de personnel	
Développeur web (30 heures à 40/heure)	1500 euros
Graphiste (20 heures à 40/heure)	800 euros
Rédacteur (10 heures à 30/heure)	300 euros
Autres dépenses	
Frais de déplacement et hébergement pour réunions	300 euros
Logiciels et outils spécifiques	500 euros
Réserve pour imprévus : 10% du budget total (1200 euros)	

1.6. Conclusion

Ce premier chapitre a permis de poser les bases essentielles de la gestion de projet en explorant ses principales caractéristiques ainsi que les éléments constitutifs d'un projet. Les concepts de base liés à un projet et à sa gestion ont été discutés. En se basant sur ces concepts, nous allons aborder dans le second chapitre les différentes phases de réalisation d'un projet en pointant principalement sur la planification et l'estimation des coûts.

Chapitre 2 : Planification et estimation des coûts

2.1. Introduction

Ce deuxième chapitre aborde deux aspects fondamentaux de la gestion de projet : la planification et l'estimation des coûts. Une planification rigoureuse est cruciale pour garantir la productivité des projets informatiques, en répartissant efficacement les ressources, en respectant les délais et en anticipant les risques. Nous explorerons les différentes phases du cycle de vie d'un projet, essentielles pour une vue d'ensemble claire et structurée du travail à accomplir. En outre, des outils comme les diagrammes de Gantt et PERT seront étudiés pour illustrer la planification des tâches. Enfin, nous approfondirons les méthodes d'estimation des coûts, notamment le modèle COCOMO et l'approche des points de fonction, deux approches couramment utilisées pour évaluer les efforts et les ressources nécessaires à un projet informatique. Ce chapitre a été élaboré en se basant sur les ouvrages suivants (Marchat, 2008 ; Abdelhadi, n.d ; Stackpole, 2013 ; Portny, 2011 ; Yende, 2019 ; Englender et Fernandes, 2017 ; Isoz, 2018).

2.2. Productivité des programmeurs

Avant de discuter en profondeur de la productivité des projets informatiques, il est essentiel d'aborder brièvement la gestion des projets informatiques. En effet, la gestion de projet constitue la colonne vertébrale de tout projet réussi, car elle englobe l'ensemble des processus nécessaires pour planifier, organiser, coordonner et contrôler les différentes activités et ressources impliquées dans le projet. Dans le contexte spécifique des projets informatiques, la gestion de projet joue un rôle particulièrement crucial en raison de la complexité technique, des délais souvent serrés, des contraintes budgétaires et des exigences croissantes en matière de qualité.

2.2.1. Gestion de projet informatique

La gestion de projet informatique englobe l'ensemble des activités nécessaires pour garantir que le projet sera livré dans les délais impartis et conformément à l'échéancier établi,

tout en répondant aux besoins des organisations qui développent et utilisent le logiciel. Pour atteindre ces objectifs, plusieurs étapes doivent être suivies, à commencer par la rédaction de la proposition technique initiale. Ensuite, il est crucial de procéder à la planification et à l'ordonnancement du projet, en allouant efficacement les ressources aux différentes tâches à réaliser. L'évaluation des coûts est également une étape importante pour s'assurer que le projet respecte les contraintes budgétaires. Le suivi formel et informel permet de contrôler l'avancement du projet. La gestion des ressources humaines, incluant le recrutement et l'évaluation du personnel, joue un rôle déterminant dans la réussite du projet. Enfin, la rédaction et la présentation de rapports réguliers, ainsi que la communication constante avec le client et le directeur informatique, sont essentielles pour assurer une bonne coordination et la transparence tout au long du projet.

Les étapes de la gestion de projet informatique peuvent être nommées différemment selon les références utilisées. Par exemple, l'AFNOR désigne ces phases par des termes tels que : Étude préalable, Conception détaillée, Étude technique, Réalisation, Mise en œuvre et Évaluation. Cependant, une autre approche plus détaillée utilise des étapes comme : Rédaction de la proposition du projet, Analyse du système, Spécification et conception, Planification du projet, Implémentation du système, Suivi du projet, Maintenance du système et Rédaction d'un rapport. Ces deux appellations sont valides et se réfèrent essentiellement aux mêmes processus. Dans la suite, je vais adopter la seconde terminologie pour développer chaque étape en détail.

1) Rédaction de la proposition du projet

À partir d'un appel d'offre, le chef de projet doit rédiger une proposition décrivant les objectifs du projet, souvent définis par les livrables attendus, ainsi que les grandes lignes de sa réalisation. Cette proposition doit également inclure une évaluation des risques et des coûts. Elle sert principalement d'argumentaire pour justifier le lancement du projet. Rédiger une telle proposition nécessite une solide expérience et une compréhension approfondie du domaine concerné, car le chef de projet y engage sa responsabilité. Cela constitue la phase de définition des objectifs, essentielle pour cadrer le projet dès le départ.

2) Analyse du système

Cette étape consiste à fournir une description détaillée du logiciel à développer, tant du point de vue fonctionnel que technique. Elle permet de clarifier les attentes en termes de fonctionnalités et de performances, ainsi que les aspects techniques nécessaires à la réalisation du projet. Le produit de cette phase prend souvent la forme d'un cahier des charges, qui décrit de manière exhaustive les besoins du client ou de l'organisation. Ce document sert de référence tout au long du projet pour s'assurer que les objectifs sont bien respectés. À cette étape, un appel d'offres peut éventuellement être lancé afin de sélectionner les prestataires ou partenaires techniques. La définition précise des besoins est cruciale, car elle garantit que toutes les parties impliquées partagent la même vision du projet et de ses exigences.

3) Spécification et conception

Cette phase vise à élaborer une solution abstraite du produit à implémenter, qui répond aux besoins identifiés lors des étapes précédentes. À ce stade, la solution reste largement indépendante des contraintes techniques spécifiques, se concentrant sur la satisfaction des exigences fonctionnelles. Les spécifications précises du produit sont définies, ainsi que les contraintes de réalisation. À l'issue de cette phase, les livrables incluent le dossier de spécifications fonctionnelles et une première version du manuel utilisateur.

Durant cette étape, l'architecture du logiciel est également définie, ainsi que les interfaces entre les différents modules. Une attention particulière est accordée à l'indépendance des différentes composantes du produit, afin de faciliter le développement parallèle des modules et d'assurer une maintenance future plus aisée. Cette organisation modulaire est essentielle pour assurer la flexibilité et l'évolutivité du produit final.

4) Planifier un projet

La planification d'un projet est une étape cruciale où le chef de projet doit établir un jalonnement précis, c'est-à-dire organiser les différentes activités dans le temps en tenant compte de leurs interdépendances et des ressources disponibles. Cette phase implique également une évaluation des risques liés à la réalisation de chaque tâche. Le travail d'ordonnancement exige une connaissance approfondie du domaine, ainsi qu'une bonne maîtrise des équipes de développement.

Pour ce faire, des méthodes et outils spécifiques sont utilisés, tels que les diagrammes de Gantt ou les réseaux PERT, qui permettent de visualiser le déroulement du projet et les interactions entre les tâches. La phase de planification permet ainsi de découper le projet en tâches distinctes, de décrire leur enchaînement dans le temps, et d'attribuer à chacune une durée et un effort en homme-mois, garantissant une gestion optimisée du temps et des ressources.

5) *Implémentation du système*

Cette étape consiste à mettre en œuvre le système opérationnel. Cela inclut le développement matériel (hardware) et logiciel (software), la formation des utilisateurs, la réalisation de tests unitaires sur les différents modules, les tests d'intégration pour vérifier l'interopérabilité, ainsi que la conversion du système existant vers la nouvelle solution.

6) *Suivi d'un projet*

Tout au long du projet, le chef de projet veille en permanence à l'avancement des tâches et au respect des délais établis. En cas de retard, il est amené à réévaluer la planification initiale et, si nécessaire, à renégocier les ressources ou ajuster les contraintes du projet. La visibilité sur l'état d'avancement des activités est primordiale dans cette phase, c'est pourquoi il est essentiel que le chef de projet se dote d'indicateurs fiables et pertinents pour suivre l'évolution du développement et anticiper d'éventuels ajustements.

7) *Maintenance du système*

Cette dernière étape concerne l'évolution du projet développé. Elle peut prendre la forme de maintenance de type corrective si le projet révèle à l'usage des dysfonctionnements ou des erreurs de programmation. Elle peut également tenir en certains travaux visant à faire évoluer le projet en fonction des problèmes nouveaux rencontrés ou des desiderata des utilisateurs.

8) *Rédaction d'un rapport*

Le chef de projet doit être en mesure de rédiger et de communiquer une synthèse claire et concise de l'avancement du projet, adaptée aux différents publics concernés, qu'il s'agisse d'autres chefs de projet, de clients, ou de responsables. Ce rapport doit refléter de manière précise l'état des travaux, les objectifs atteints, les éventuels défis rencontrés, ainsi que les ajustements proposés, tout en tenant compte des attentes et du niveau de détail requis par chaque audience.

2.2.2. Productivité

La productivité des projets informatiques fait référence à l'efficacité avec laquelle les ressources (temps, argent, personnel) sont utilisées pour atteindre les objectifs et produire des résultats dans le cadre d'un projet lié à l'informatique. Cela concerne la capacité d'un projet à livrer des solutions technologiques de manière efficiente et rentable.

La productivité des projets informatiques est influencée par un ensemble d'éléments clés cités ci-dessous.

1. **Planification appropriée** : Une planification minutieuse et bien structurée est essentielle pour définir clairement les objectifs du projet, identifier les ressources nécessaires et établir un calendrier réaliste.
2. **Gestion des ressources** : Il est crucial d'allouer les ressources (humaines, financières, matérielles) de manière efficace pour maximiser la productivité. Cela inclut la répartition des tâches en fonction des compétences et des disponibilités.
3. **Communication et collaboration** : Une communication claire et une collaboration efficace entre les membres de l'équipe et les parties prenantes sont essentielles pour éviter les malentendus et les retards.
4. **Utilisation de méthodologies agiles** : Les méthodologies agiles, comme Scrum, mettent l'accent sur la flexibilité, l'adaptabilité et la livraison incrémentielle, ce qui peut améliorer la productivité en permettant des ajustements rapides en cours de projet.
5. **Automatisation et outils de gestion de projet** : L'automatisation de certaines tâches répétitives et l'utilisation d'outils de gestion de projet peuvent optimiser le temps et les efforts investis.
6. **Gestion des risques** : Identifier et gérer les risques potentiels dès le début du projet permet de minimiser les perturbations et les retards.
7. **Mesure de la performance** : Établir des indicateurs clés de performance (KPI) permet de suivre et d'évaluer la productivité du projet. Cela aide à identifier les domaines qui nécessitent des ajustements.

- 8. Formation et développement :** Assurer que l'équipe possède les compétences et les connaissances nécessaires pour exécuter les tâches de manière efficace et efficiente.

Au sein des projets informatiques, la productivité est mesurée à l'aide d'indicateurs de rendement spécifiques, permettant d'évaluer l'efficacité des équipes, la qualité des livrables, et l'optimisation des ressources engagées :

- *Nombre de lignes de code par jour/homme.*
- *Effort de tests rapporté à l'effort total.*
- *Effort de documentation rapporté à l'effort total.*
- *Nombre de jours/homme par point de fonction.*

Dans ce modèle, la productivité totale du projet est déterminée par l'addition des productivités individuelles de chaque membre de l'équipe. Ainsi, l'effort de chacun se consolide additivement pour donner un aperçu global de l'efficacité du projet. Cela souligne l'importance de la collaboration et de la performance collective, car une amélioration de la productivité d'un membre peut avoir un impact direct sur la productivité globale du projet.

De ce constat, plusieurs questions se posent concernant la productivité au sein des projets informatiques. Tout d'abord, il est crucial de déterminer comment relier la productivité de chaque membre de l'équipe de projet à la productivité globale de l'équipe. Ensuite, il convient d'explorer l'impact de la taille du projet sur cette productivité. Par ailleurs, l'importance de l'encadrement du projet sur la performance globale ne doit pas être sous-estimée. Enfin, il est pertinent de s'interroger sur le lien entre la productivité des projets informatiques et la productivité globale de l'entreprise, afin de mieux comprendre comment ces projets contribuent à la performance de l'organisation dans son ensemble.

Dans la pratique, le contrôle effectué par le chef de projet se fonde essentiellement sur le respect des jalons. Si le jalon est respecté, le projet continue ; dans le cas contraire, un plan d'action correctif est décidé.

La productivité est reconstituée a posteriori sur des données historiques qui peuvent subir des biais dès lors que :

- ❑ Les heures réelles effectuées ne sont pas les heures comptabilisées.
- ❑ Des spécifications instables occasionnent des modifications fréquentes des composants en développement.
- ❑ Des décisions soudaines changent la trajectoire du projet sans prendre le temps d'en apprécier les conséquences.

La mesure de la productivité reste donc une activité très artisanale et son utilité n'est pas très claire, notamment pour la comparaison des performances des projets. En effet, les projets informatiques actuels étant plutôt de type « projets d'intégration », les activités sont diverses, et notamment la part du développement a diminué au bénéfice des activités d'installation, de configuration et d'optimisation.

En outre, la diversité des technologies employées pour un même système, associée à l'évolution très rapide de ces technologies, font que des niveaux d'expérience très différents coexistent au sein d'une même équipe de projet. Ajouté à cela, le périmètre fonctionnel du Système Cible n'est pas le seul indicateur pour caractériser l'Output du projet. Une partie des composants intégrés n'ont pas de relation directe avec le périmètre fonctionnel, ce sont, des composants non fonctionnels requis par le contexte technique du système cible et des composants utilisés seulement pendant le temps de la migration

Par conséquent, la productivité dans les projets informatiques est influencée par divers facteurs, allant de la nature des activités entreprises à la variété des compétences et à l'élargissement de ce qui est considéré comme un résultat significatif du projet. Ces éléments rendent la mesure de la productivité complexe et nécessitent une approche réfléchie pour l'évaluation des performances.

De plus, la taille des projets est un point déterminant de la productivité. Les grands projets requérant davantage d'interactions de la part des membres de l'équipe, leur productivité peut chuter. L'architecture, divisant le Système cible en parties autonomes, s'avère alors une activité clé pour une productivité optimale.

Enfin, Il faut prendre en compte l'effet positif du progrès des technologies d'intégration qui font gagner chaque année des points supplémentaires de productivité.

2.3. Techniques de planification

Avant d'entamer les techniques de planification, il est important de situer cette étape par rapport aux différentes phases du cycle de vie d'un projet.

2.3.1. Cycle de vie d'un projet

Un cycle de vie de projet est une série de phases que traverse un projet, depuis son initiation jusqu'à sa clôture. Ces phases sont généralement séquentielles, et leur nom ainsi que leur nombre sont déterminés par les besoins de gestion et de contrôle de l'organisation ou des organisations impliquées dans le projet, la nature même du projet et son domaine d'application. Les phases peuvent être définies par des objectifs fonctionnels ou partiels, des résultats intermédiaires ou livrables, des jalons spécifiques dans l'ensemble du travail à accomplir, ou encore par la disponibilité financière. Les phases sont généralement délimitées dans le temps, avec un point de départ et un point de fin ou de contrôle. Le cycle de vie du projet peut être influencé ou modelé par les caractéristiques uniques de l'organisation, du secteur d'activité ou de la technologie utilisée.

Bien que chaque projet ait un début et une fin bien définis, les livrables spécifiques et les activités qui se déroulent entre ces deux points varient considérablement d'un projet à l'autre. Le cycle de vie offre le cadre de base pour gérer le projet, quel que soit le travail spécifique à réaliser.

Les projets peuvent varier en taille et en complexité, allant d'un simple projet à une entreprise plus élaborée et complexe. Quels que soient leur taille, leur simplicité ou leur complexité, tous les projets peuvent être représentés avec le cycle de vie générique suivant (figures 2.1⁷, 2.2) :

- ☐ *Démarrage du projet (initialisation ou faisabilité),*
- ☐ *Organisation et préparation,*
- ☐ *Exécution du projet (réalisation),*
- ☐ *Achèvement du projet (clôture).*

⁷ POMBK

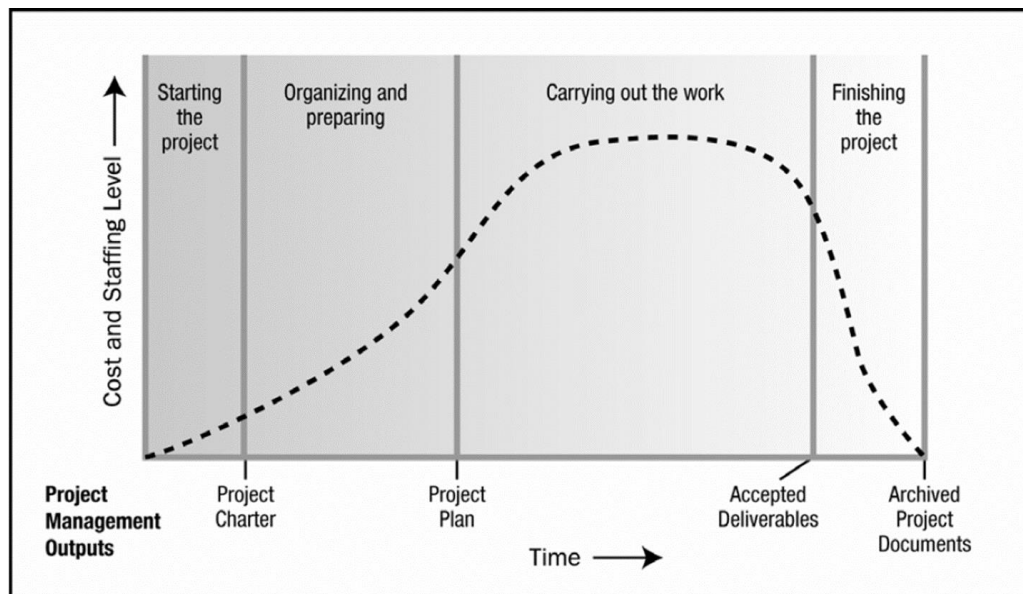


Figure 2.1 Cycle de vie d'un projet

La structure générique du cycle de vie présente généralement les caractéristiques suivantes :

- Les niveaux de coûts et de personnel sont faibles au début, atteignent un pic au fur et à mesure que le travail est réalisé, puis diminuent rapidement à l'approche de la clôture du projet (figure 2.1).
- La courbe typique des coûts et du personnel mentionnée ci-dessus ne s'applique pas à tous les projets. Un projet peut, par exemple, nécessiter des dépenses importantes pour sécuriser les ressources nécessaires dès le début de son cycle de vie, ou être entièrement doté en personnel très tôt dans son cycle de vie.

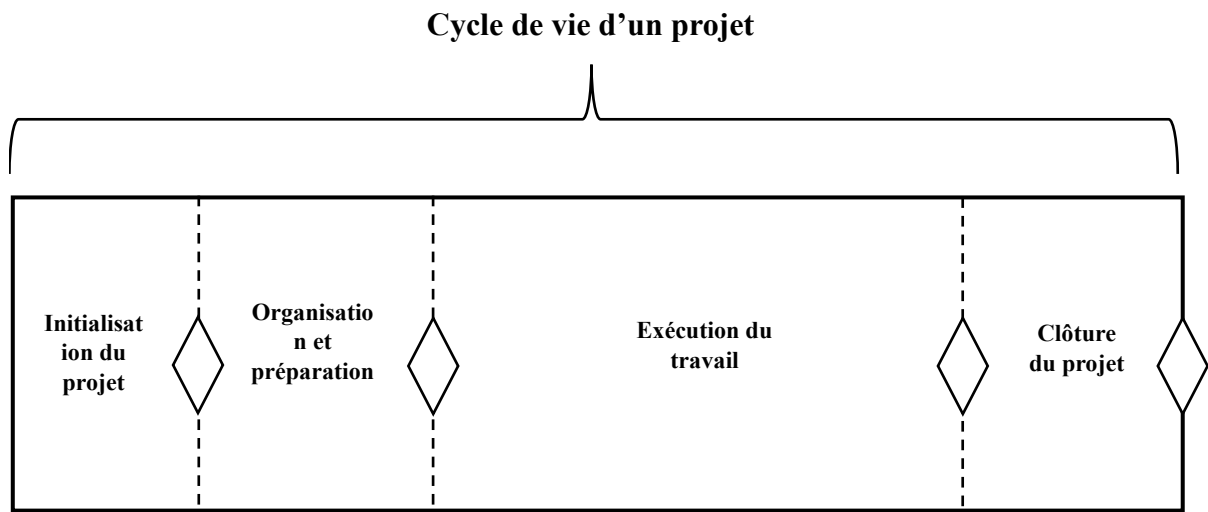


Figure 2.2 Les phases d'un projet

1) Démarrage du projet – faisabilité (avant-projet)

Dans cette phase, il est nécessaire d'analyser les besoins, d'étudier la faisabilité et d'évaluer les coûts ainsi que les délais. Il s'agit également de prendre des décisions clés concernant la poursuite du projet (Go/No Go). Cette phase se clôture par la réalisation de la charte du projet, qui est un document essentiel décrivant un résumé du projet, son cadrage, ainsi que son déroulement prévu.

2) Organisation et préparation

Dans la phase d'organisation et de préparation, il est essentiel de définir clairement l'objectif du projet afin de s'assurer que toutes les parties prenantes travaillent vers un but commun. Il faut également détailler les lots de travail et assigner les responsabilités à chaque équipe ou individu impliqué. La planification est une étape cruciale qui permet de structurer les différentes activités à accomplir, tout en fixant des délais précis pour garantir que le projet progresse selon l'échéancier établi.

3) Exécution du projet

Dans cette phase, il s'agit de suivre et piloter les activités pour s'assurer que le projet progresse conformément aux plans établis. Cette phase inclut à la fois les processus d'exécution, ainsi que

ceux de surveillance et de contrôle. Si nécessaire, des modifications peuvent être apportées au cahier des charges, aux délais, aux coûts ou à la qualité pour mieux répondre aux réalités rencontrées. La gestion des risques y joue un rôle clé afin d'anticiper et atténuer les obstacles potentiels. L'objectif est de gérer rapidement et avec précision tout écart par rapport à la planification initiale. Enfin, la validation des résultats permet de s'assurer que les objectifs intermédiaires et finaux sont atteints, garantissant ainsi la conformité aux attentes.

4) Clôture du projet

La phase de clôture du projet comprend plusieurs étapes essentielles, visant à finaliser et tirer des leçons du projet. Elle débute par la livraison et le transfert du livrable à l'organisation permanente, suivie de la formation des utilisateurs pour assurer une prise en main efficace du système ou produit livré. La documentation finale est complétée et transférée aux parties concernées. Les processus de clôture incluent également l'évaluation des résultats obtenus, l'approbation du client, la libération des ressources humaines et matérielles, et la clôture des comptes. Un objectif clé de cette phase est de capitaliser sur l'expérience vécue en consignat les recommandations et les suggestions pour améliorer les projets futurs. Cela marque ainsi la fin officielle des travaux, tout en favorisant l'amélioration continue.

2.3.2. Planification

La planification de projet est une activité clé qui consiste à définir un ensemble d'activités nécessaires à la réalisation d'un projet, à les ordonnancer dans le temps et à estimer les ressources nécessaires. Elle permet de déterminer l'enchaînement des tâches en tenant compte des contraintes de temps (les délais à respecter), d'antériorité ou de précédence (l'ordre d'exécution des tâches), et de production (l'utilisation des ressources humaines et matérielles).

Les processus de planification couvrent le détail du contenu du projet, les délais, les ressources, les risques, et la gestion des achats externes. Ils répondent aux questions fondamentales : quoi (objectif) ? comment (plan d'action) ? quand (calendrier) ? qui (ressources) ? combien (budget) ?

Un planning bien structuré permet de suivre l'avancement du projet, de communiquer avec les parties prenantes, et d'assurer que les objectifs fixés sont respectés. Ainsi, il constitue une référence indispensable pour le suivi et le contrôle tout au long de la réalisation du projet.

Les principaux objectifs de la planification sont :

- Définir les tâches constituant le projet
- Organiser les tâches dans le temps.
- Évaluer les dépendances entre les tâches.
- Évaluer l'effort nécessaire pour chaque tâche (durée maximale et minimale).
- Affecter les personnes aux tâches.

La démarche de planification consiste à recenser de manière exhaustive l'ensemble des activités du projet. Plus la granularité des tâches est fine, plus l'estimation des charges sera précise, tout en veillant à ce que le diagramme final reste exploitable. Chaque tâche doit être associée à une charge spécifique, tout en identifiant les contraintes temporelles qui les lient les unes aux autres. Il est également crucial de définir les ressources nécessaires au projet et d'affecter ces ressources à chaque tâche, afin d'assurer une exécution fluide et optimisée des activités.

Les éléments essentiels de la planification sont :

- *Tâche complexe*, constituée de plusieurs activités pouvant elles même être décomposées, confiée à un responsable unique mais réalisée en général par plusieurs personnes.
- *Tâche élémentaire*, non décomposable, confiée à un responsable unique qui est chargé de sa réalisation ou de sa sous-traitance à l'extérieur de l'équipe projet.
- *Jalon*, ou tâche de durée nulle correspondant à un repère ou à un événement d'entrée-sortie d'une activité quelconque.

Il existe deux grandes méthodes de planification : **le diagramme de Gantt**, **le réseau PERT** (Program Evaluation and Review Technique), que nous allons détailler dans ce qui suit.

2.3.3. Diagramme de Gantt

Le diagramme de Gantt est un outil de gestion de projet qui permet de représenter graphiquement la planification des différentes tâches et activités d'un projet sur une période donnée. Ce diagramme a été inventé par l'ingénieur en mécanique et consultant en management américain Henry L. Gantt, ce diagramme permet de modéliser la planification de tâches nécessaires à la réalisation d'un projet.

Etant donné la facilité relative de lecture de diagramme, cet outil est utilisé par la quasi-totalité des chefs de projet dans tous les secteurs. Non seulement il permet au chef de projet de représenter graphiquement l'avancement du projet, mais il constitue également un bon moyen de communication entre les différents acteurs.

Ce type de modélisation est particulièrement facile à mettre en œuvre avec un simple tableur, mais il existe des outils spécialisés dont le plus connu est Microsoft Project.

Dans un diagramme de Gantt, chaque tâche est représentée par une ligne, tandis que les colonnes représentent les jours, semaines ou mois du calendrier selon la durée du projet. Le temps estimé pour une tâche se modélise par une barre horizontale dont l'extrémité gauche est positionnée sur la date prévue de démarrage et l'extrémité droite sur la date prévue de fin de réalisation. Les tâches peuvent s'enchaîner séquentiellement ou bien être exécutées en parallèle.

Le diagramme de Gantt va ainsi vous permettre d'avoir une vue globale de l'avancement de votre projet, en regroupant sur un même graphe toutes les informations importantes à votre planification. Il vous servira à visualiser dans le temps les diverses tâches à réaliser, leur avancée ainsi que les éventuels retards.

Ainsi le principe de diagramme de Gantt se résume en :

- Les tâches sont ordonnées sur une échelle de temps en fonction des antériorités entre les tâches, de la disponibilité des moyens matériels, ...
- On représente au sein d'un tableau, en ligne les différentes tâches et en colonne les unités de temps (exprimées en mois, semaines, jours, heures, ...).
- La durée d'exécution d'une tâche est matérialisée par un trait au sein du diagramme.

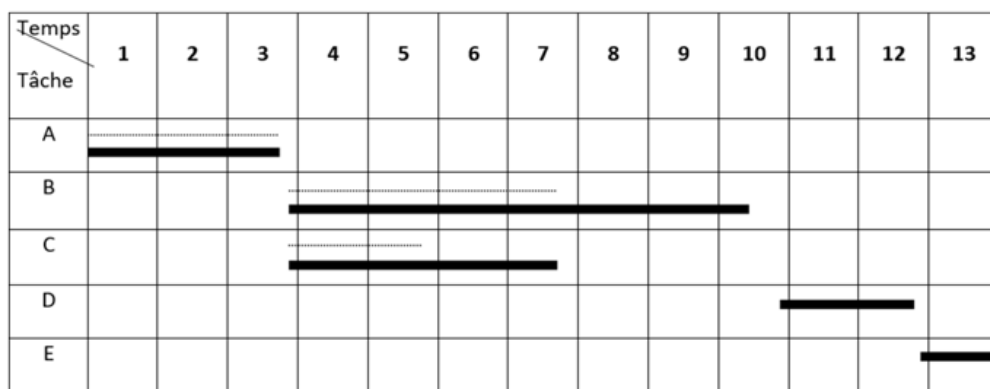
Afin de réaliser un diagramme de Gantt, il faut passer par les étapes suivantes :

- *Première étape* : on détermine les différentes tâches à réaliser et leurs durées.
- *Deuxième étape* : on définit les relations d'antériorité (de précédence) entre les tâches.
- *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...
- *Quatrième étape* : on représente par un trait parallèle en pointillé à la tâche planifiée la progression réelle du travail.

Exemple. Soit l'ensemble des tâches, leurs durées et leurs relations d'antériorité présentées dans le tableau ci-dessous.

Tâche	Durée	Antériorité
A	3	-
B	7	A
C	4	A
D	2	B, C
E	1	D

Le diagramme de Gantt correspondant :



Remarques

- Chaque colonne représente une unité de temps (jour, semaine, mois, etc.).
- Les durées d'exécution prévues des tâches sont représentées par un trait épais (4 unités de temps pour C).

- Les contraintes de succession se lisent immédiatement (Les tâches B et C succèdent à la tâche A, D succède à B).
- Le déroulement d'exécution des tâches figure en pointillé, au fur et à mesure des contrôles.
- On peut alors déterminer le chemin critique : qui est formé d'une succession de tâches, sur le chemin le plus long en termes de durées. Il est appelé chemin critique car tout retard pris sur l'une des tâches de ce chemin, entraîne du retard dans l'achèvement du projet. (Chemin critique : A, B, D, E). Ce chemin va être défini avec plus de détail dans la section 2.3.4.

Types du diagramme de Gantt

- **Diagramme de Gantt Basique** : Il représente simplement les tâches et leurs durées sur une échelle de temps. C'est le type le plus simple.
- **Diagramme de Gantt en Cascade** : Les tâches sont disposées de manière linéaire, montrant la séquence dans laquelle elles doivent être exécutées. Chaque tâche commence après la fin de la précédente.
- **Diagramme de Gantt en Vagues** : Il permet un certain chevauchement entre les tâches, ce qui peut accélérer le calendrier du projet. Certaines tâches peuvent commencer avant que d'autres ne soient terminées.
- **Diagramme de Gantt Interactif** : Ces versions informatisées permettent de lier le diagramme à un logiciel de gestion de projet pour une planification et une gestion plus dynamique.
- **Diagramme de Gantt Agile** : Utilisé dans les méthodologies Agile, il permet de planifier des itérations courtes (sprints) avec une mise en avant des tâches les plus prioritaires.

Le diagramme de Gantt présente plusieurs avantages notables. Tout d'abord, il permet de déterminer la date de réalisation d'un projet, offrant ainsi une vue d'ensemble du calendrier prévu. De plus, il aide à identifier les marges existantes sur certaines tâches, grâce à des dates de début au plus tôt et au plus tard. La date de début au plus tard d'une tâche est particulièrement

importante, car elle représente la limite à ne pas dépasser sans risquer de retarder l'ensemble du projet. Enfin, cet outil facilite le suivi du projet en permettant de comparer les dates prévues aux dates réelles, ce qui aide à évaluer l'avancement. Cependant, le diagramme de Gantt présente également des inconvénients. Il ne résout pas tous les problèmes de planification, en particulier lorsque des fabrications doivent être planifiées en concurrence pour l'utilisation de certaines ressources, ce qui peut compliquer la gestion globale du projet.

2.3.4. Réseau Pert

Le réseau PERT (**P**rogram **E**valuation and **R**evue **T**echnique), est une méthode développée par la marine américaine (années 1950) qui vise à mettre en ordre, sous forme de réseau, plusieurs tâches qui grâce à leurs dépendances et à leur chronologie permettent de réaliser le projet.

Cette méthode fournit une méthodologie et des moyens pratiques pour décrire, représenter, analyser et suivre de manière logique les tâches et le réseau de tâches à réaliser. L'objectif de cette technique consiste à réduire le délai de réalisation d'un projet, réduire le coût de réalisation et optimiser les ressources.

Ainsi la méthode Pert implique au préalable :

- Un découpage précis du projet en tâches
- L'estimation de la durée de chaque tâche
- La nomination d'un chef de projet chargé d'en assurer le suivi, de rendre compte si nécessaire et de prendre des décisions en cas d'écart par rapport aux prévisions.

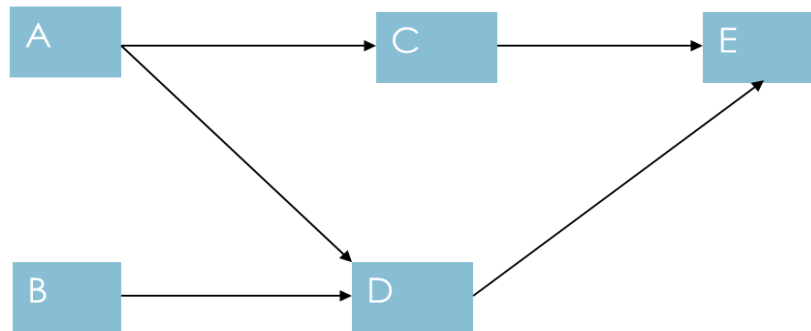
Il existe principalement deux méthodes de représentation du réseau Pert : le **potentiel-Tâches** et le **potentiel-Etapes**.

La **tâche** est une action bien déterminée s'inscrivant dans la réalisation du projet. Elle possède une durée et consomme des ressources (main d'œuvre, équipement, ...). L'étape représente le commencement ou la fin d'une tâche et n'est pas consommatrice de ressources.

PERT potentiel-Tâches

C'est un graphique d'enchaînement des tâches où elles sont visualisées dans les sommets (ou nœud) du graphe. Les contraintes d'antériorité entre les tâches sont représentées par des flèches (ou arcs). La flèche est orientée dans le sens « ancêtre-descendant ».

Exemple.



PERT potentiel-Etapes

La tâche (activité) est représentée par une flèche. A chaque tâche correspond un indice (code) et une durée, un chiffre présenté entre parenthèses, $(T_i(d_i), T_j(d_j), \dots)$. Néanmoins, la longueur de la flèche est indépendante de la durée. Un ensemble de prédécesseurs (antérieurs) et un ensemble de successeurs sont aussi associés à chacune des tâches du réseau.

L'étape, elle désigne le début et la fin d'une tâche. Chaque tâche en possède une. A l'exception des étapes initiales et finales chaque étape de fin correspond à l'étape de début de la tâche suivante. Les étapes sont, en règle générale, numérotées et représentées par un cercle, mais elles peuvent parfois prendre d'autres formes (carré, rectangle, etc.). A chaque étape sont associées des dates au plus tôt et des dates au plus tard qui représentent, les dates de début et de fin au plus tôt des tâches et leurs dates de début et fin au plus tard, figure 2.3.

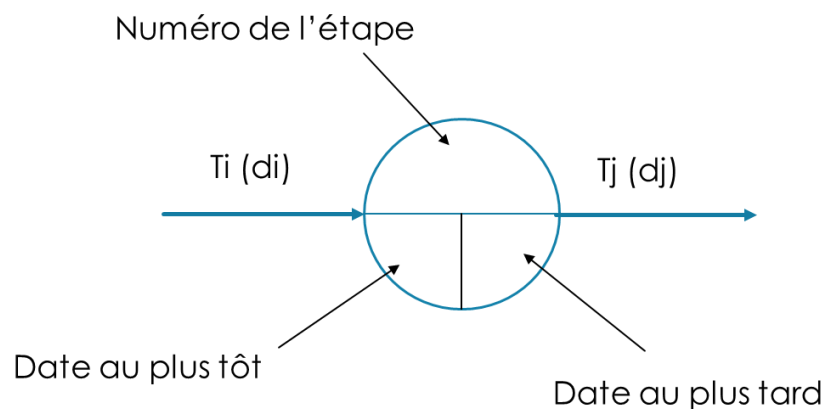


Figure 2.3 Présentation graphique de Pert

Enfin, la tâche fictive, représentée par une flèche en pointillés, permet d'indiquer les contraintes d'enchaînement entre certaines étapes.

Calcul des dates

1) Les dates au plus tôt

Une tâche ne peut débuter avant sa date de début au plus tôt d_{tot} , et ne peut finir avant sa date de fin au plus tôt, f_{tot} :

$$d_{tot}(T_i) = \begin{cases} \max(f_{tot}(Pred(T_i))) & \text{si } Pred(T_i) \neq \emptyset \\ t_0 & \text{sinon} \end{cases}$$
$$f_{tot}(T_i) = d_{tot}(T_i) + T_i(d_i)$$

Où t_0 est la date de début du projet, $Pred(T_i)$ est l'ensemble des prédécesseurs de la tâche T_i , $T_i(d_i)$ est la durée de la tâche T_i .

2) Les dates au plus tard

Une tâche doit débuter au plus tard à sa date de début au plus tard d_{tard} , et finir au plus tard à sa date de fin au plus tard, f_{tard} :

$$f_{tard}(T_i) = \begin{cases} \min(d_{tard}(Succ(T_i))) & \text{si } Succ(T_i) \neq \emptyset \\ t_f & \text{sinon} \end{cases}$$
$$d_{tard}(T_i) = f_{tard}(T_i) - T_i(d_i)$$

Où t_f est la date de fin du projet, $Succ(T_i)$ est l'ensemble des successeurs de la tâche T_i et $T_i(d_i)$ est la durée de la tâche T_i .

Calcul des marges

- **Marge** : C'est la possibilité qu'a une tâche d'être retardée sans impacter le projet.
- **Marge totale** : indique le retard maximal que l'on peut admettre sur une tâche sans allonger la durée optimale du projet. Elle entraîne des changements des dates au plus tôt des étapes suivantes. Autrement dit, c'est le délai dont on dispose sur chacune des tâches pour absorber un éventuel retard. L'absorption de ce retard ne se fera pas au détriment de la durée global du projet, ça signifie que même s'il y a un retard sur des

tâches qui disposent d'une marge, la durée globale ne sera pas modifiée. Elle est calculée par : **Marge totale d'une tâche = date au plus tard (nœud suivant) – durée de la tâche – date au plus tôt (nœud précédent).**

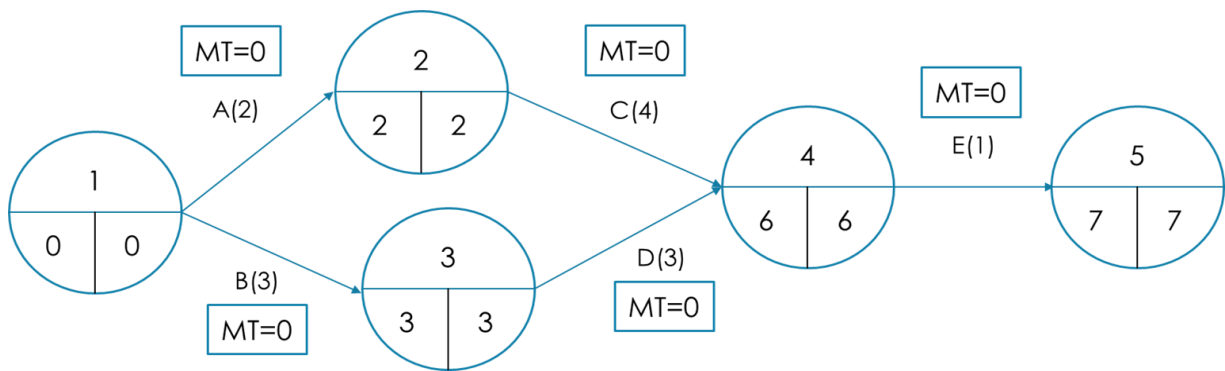
- **Marge libre** : indique le retard maximal que l'on peut admettre sur une tâche sans modifier les dates au plus tôt des étapes suivantes.
- **Chemin critique** : Ensemble des tâches pour lesquels aucun retard n'est possible sans remettre en cause la durée optimale du projet. Sur le chemin critique, les marges totales des différentes tâches sont nulles.

Algorithme

1. Représenter l'étape n°1 avec les tâches qui n'ont aucun prédécesseur.
2. Considérer les tâches qui leurs prédécesseurs sont déjà représentées.
3. Répéter (2) jusqu'à arriver à la dernière tâche du projet (qui n'a aucun successeur).
4. Calculer les dates au plus tôt des tâches en allant de gauche à droite, de la première étape à la dernière étape. Les dates au plus tôt sont soit les dates de début au plus tôt, soit les dates de fin au plus tôt, tout dépend comment on se place par rapport à la tâche.
5. Calculer les dates au plus tard en allant de droite à gauche, de la dernière étape à la première étape (calcul à rebours).
6. Calculer les marges et le chemin critique.

Exemple. Soit l'ensemble des tâches ainsi que leurs durées et leurs prédécesseurs.

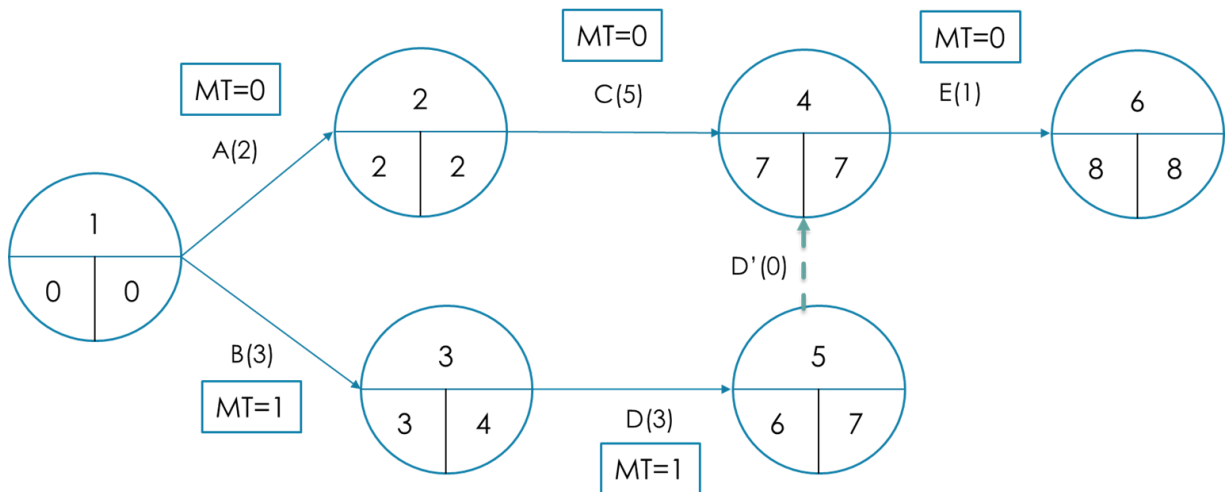
Tâche	Durée	Antériorité
A	2	-
B	3	-
C	4	A
D	3	B
E	1	C, D



On reprend le même exemple et on change la durée de la tâche C :

Tâche	Durée	Antériorité
A	2	-
B	3	-
C	5	A
D	3	B
E	1	C, D

Dans ce cas, puisque les tâches C et D ont des dates de fin au plus tôt différentes, on les représente par des étapes séparées. Le fait que la tâche E soit précédée par deux tâches C et D, et ces deux dernières sont présentées par des étapes différentes, alors on procède de la manière suivante. On met E derrière la tâche qui a la date de fin au plus tôt la plus élevée et on marque la précedence de l'autre tâche par ce qu'on appelle *une tâche fictive*. Une tâche fictive a pour objet de matérialiser une contrainte. Elle ne requiert aucun moyen et a une durée nulle.



Extensions du réseau Pert

- **PERT Charge**, pour prendre en compte les ressources affectées au projet
 - Ressource : moyen nécessaire au déroulement et à l'aboutissement d'une tâche
 - Les tâches sont caractérisées par des durées et des intensités de ressources
- **PERT Cost**, pour gérer les coûts
 - Permet d'optimiser l'échéancier des paiements en :
 - Jouant sur les surcoûts affectant les tâches critiques
 - Jouant sur les économies possibles sur les tâches non critiques

2.4. Estimation des coûts

Estimer un projet est essentiel pour plusieurs raisons. Tout d'abord, cela permet de cerner la durée du projet, ce qui est fondamental pour la planification. Ensuite, l'estimation aide à déterminer les ressources nécessaires à mettre en œuvre et à évaluer la faisabilité technique du projet. De plus, une estimation précise permet de négocier efficacement et d'éviter les dérives de coût, contribuant ainsi à la maîtrise du budget. L'estimation se réalise à plusieurs niveaux :

au niveau du projet global, elle permet d'avoir une vue d'ensemble ; pour chaque étape, il s'agit d'ajuster le découpage, de prévoir des sous-traitances, et d'établir des délais pour l'ordonnancement et la planification des ressources. Pour chaque phase, il est important de faire une planification précise, d'annoncer un calendrier de remise des résultats intermédiaires, et de prévoir un suivi, ainsi que l'affectation des ressources. Enfin, au niveau des tâches, l'estimation permet d'affecter les ressources de manière individuelle, assurant ainsi une gestion optimale de l'équipe et des efforts.

Une charge

La charge représente la quantité de travail qu'une personne peut réaliser. Elle est indépendante du nombre de personnes, elle permet, notamment, d'obtenir un coût prévisionnel. La charge aide à définir la taille d'un projet et s'exprime en jour/homme, mois/homme, année/homme.

Exemple. 60 mois/hommes peut être 1 personne pendant 5 ans ; ou 10 personnes pendant 6 mois ; ou 60 personnes pendant 1 mois

Une durée

La durée est le temps consommé par le projet. Elle dépend du nombre de personnes mais l'évaluation n'est pas isotrope (100 personnes pendant un mois ne sont pas équivalentes à une personne pendant 100 mois).

Les méthodes d'estimation des coûts peuvent être classées en trois grandes familles :

1) Méthodes basées sur le jugement d'expert : où chaque expert donne une estimation et l'argumente en s'accordant sur une estimation consensuelle, et en s'appuyant sur l'analogie avec des projets antérieurs (exemple : la méthode Delphi).

2) Méthodes de répartition proportionnelle : qui sont basées sur l'hypothèse que les différents sous-ensembles résultant d'un découpage temporel sont liés par une relation de proportionnalité. Différentes valeurs ont ainsi été proposées, en association avec un modèle de développement (découpage classique, modèle RUP...).

3) Méthodes paramétriques : ou à base d'unité d'œuvre, qui utilisent un modèle de calcul. Pour estimer la charge, ces méthodes proposent de repérer certains éléments du projet, à partir desquels on calculera l'effort nécessaire. Les méthodes diffèrent selon l'unité d'œuvre utilisée (COCOMO, points de fonction).

2.4.1. COCOMO

Le Constructive Cost Model (COCOMO), développé par Barry Boehm en 1981, est un modèle de construction des coûts destiné à estimer l'effort et les ressources nécessaires pour le développement de logiciels. Ce modèle repose sur deux hypothèses principales. La première stipule qu'un informaticien est généralement plus à même d'évaluer la taille du logiciel à développer que la quantité de travail requise pour ce faire. La seconde hypothèse postule qu'il faut toujours le même effort pour écrire un nombre donné de lignes de programme, quel que soit le langage de programmation utilisé, à condition que ce soit un langage de troisième génération. Ces hypothèses permettent au modèle COCOMO de fournir des estimations de coûts plus fiables et de faciliter la planification des projets logiciels.

L'unité de base de cette méthode est **l'instruction source**. Son objectif est d'obtenir la **charge** de réalisation en m/H (mois/homme) et le délai normal recommandé (**durée**).

La charge et durée se calculent selon les formules suivantes :

- $Charge\ en\ mois/Homme = a(Kisl)^b$

$Kisl$ = kilo instruction source livrée (lignes de programme source testées)

- $Durée\ normale\ en\ mois = c(charge\ en\ mois/homme)^d$

Les paramètres a , b , c et d dépendent de la catégorie du projet. Cette dernière est déterminée ainsi, soit L la taille du logiciel, le projet est dit :

- *Simple* si $L < 50 Kisl$, spécifications stables, petite équipe.
- *Moyen*, si le logiciel comporte entre 50 $Kisl$ et 300 $Kisl$ (spécifications stables, petite équipe).
- *Complexe* si $L > 300 Kisl$, grande équipe.

Type de projet	Charge en m/H	Durée en mois
Simple	$c = 3,2(Kisl)^{1,05}$	$D = 2,5(c)^{0,38}$
Moyen	$c = 3(Kisl)^{1,12}$	$D = 2,5(c)^{0,35}$
Complexe	$c = 2,8(Kisl)^{1,2}$	$D = 2,5(c)^{0,32}$

Exemple. On veut estimer les coûts d'un projet visant à développer un logiciel de 40000 instructions source (sans tenir compte des facteurs correcteurs).

- $Charge = 3,2(40)^{1,05} = 154 \text{ mois/homme}$
- $Durée normale = 2,5(154)^{0,38} = 17 \text{ mois/homme}$
- Une taille moyenne de l'équipe = $\frac{154}{17} = 9 \text{ personnes}$

Il est à noter que la méthode COCOMO tient en compte des « facteurs correcteurs » d'estimation de charge, qui sont liés aux sources de risque. On peut distinguer quatre sources de risque sur l'estimation :

- Exigences attendues du logiciel
- Caractéristiques de l'environnement technique (matériel)
- Caractéristiques de l'équipe projet
- Environnement du projet lui-même

Les facteurs correcteurs dans le modèle COCOMO sont des paramètres qui ajustent l'estimation du coût du projet en fonction de différentes caractéristiques qui peuvent influencer le processus de développement logiciel. Ces facteurs permettent de prendre en compte des éléments tels que la complexité du projet, l'expérience de l'équipe, la maturité des processus, etc. Les facteurs correcteurs sont intégrés dans les équations de COCOMO pour affiner les estimations. Ils peuvent être divisés en facteurs logiciels et facteurs matériels.

- Les facteurs **logiciels** :
 - Fiabilité du logiciel : influence forte s'il y a une exigence dans ce sens.
 - Base de données : mesuré par le ratio :

- (volume de données gérées en octets) / (taille du logiciel en lignes)
- L'influence du facteur est faible si le ratio < 10, très forte si ratio > 1000.
- Complexité : celle des algorithmes.
- Temps d'exécution : crucial, si temps réel.
- Les facteurs **matériels** :
 - Taille mémoire : s'il est nécessaire de l'optimiser.
 - Stabilité de l'environnement : celle du logiciel de base.
 - Contrainte de délai : se mesure par rapport au délai calculé.

La correction intervient dans la formule : **Charge nette = produit (valeurs des facteurs correcteurs) * Charge brute**

La démarche du modèle COCOMO se déroule en cinq étapes distinctes. Tout d'abord, il s'agit d'estimer le nombre d'instructions source qui constituent le logiciel à développer. Ensuite, cette estimation permet de calculer la charge "brute", qui représente l'effort initial nécessaire. La troisième étape consiste à sélectionner les facteurs correcteurs, qui sont des éléments influençant la productivité et l'effort requis. Après avoir appliqué ces facteurs, on procède au calcul de la charge nette, qui reflète l'effort ajusté en fonction des conditions spécifiques du projet. Enfin, la dernière étape consiste à évaluer la durée du projet sur la base de cette charge nette, permettant ainsi d'obtenir une estimation réaliste du temps nécessaire pour mener à bien le développement logiciel.

2.4.2. Points de fonction

Les points de fonction (PF) constituent une mesure standardisée utilisée dans le domaine du développement logiciel pour quantifier la fonctionnalité fournie par un système. Cette mesure est fondée sur la perception de la fonctionnalité par l'utilisateur, indépendamment de la technologie sous-jacente. Les PF mesurent les fonctionnalités que le client a demandées et reçues, sans tenir compte des technologies employées. Ils offrent plusieurs avantages : ils permettent d'estimer la taille d'un programme, servent de métrique de qualité et de productivité, fournissent une base normalisée de comparaison, et facilitent l'estimation du coût de

développement d'un logiciel. Contrairement à la méthode d'estimation COCOMO, qui se base sur le nombre de lignes de code (instruction source) et est donc dépendante de la technologie—puisque le nombre des instructions sources en Java diffère de celui en C++—la méthode des points de fonction repose sur les exigences des clients et est indépendante de la technologie. De plus, elle est normalisée par la norme ISO.

La méthode des points de fonction a été développée par Allan J. Albrecht dans les années 1970 et est actuellement gérée par l'International Function Point Users Group (IFPUG). Cette méthode permet de mesurer la taille d'un projet logiciel en termes de fonctionnalités offertes, ce qui aide à évaluer sa complexité et ses besoins en ressources.

Pour un projet donné, on calcule son poids en « points de fonction ». Ce processus commence par un comptage des points au début du projet, ce qui permet d'établir une base de référence. Ensuite, un second comptage est effectué à la fin du projet. L'écart entre ces deux comptages représente le changement d'envergure du projet, indiquant ainsi les variations dans la portée des fonctionnalités développées.

L'évaluation des points de fonction se fait selon trois degrés de complexité : faible, moyen et élevé. Cette classification permet d'affiner l'estimation des efforts nécessaires en tenant compte des défis spécifiques liés à la complexité des fonctionnalités à développer. Ainsi, la méthode des points de fonction offre une approche structurée et standardisée pour évaluer et gérer les projets logiciels.

Une application logicielle est vue comme une boîte noire dans laquelle entrent et sortent des données, pour mesurer la taille en points de fonction de cette application il faut identifier 5 éléments qui représentent l'unité d'œuvre de cette technique (figure 2.4) :

- 1) *Groupe de logique de données internes (GDI) (fichiers de données internes) :*
Données internes modifiées par l'application.
- 2) *Groupe de logique de données externes (GDE) (fichiers d'interface externes) :*
Données externes lues par l'application mais non modifiées par celle-ci.
- 3) *Entrée de traitement (ENT) (entrées externes)*

4) *Sortie de traitement (SORT) (sorties externes)*

5) *Interrogations (INT) (interrogations externes)*

L'évaluation, alors se fait en trois étapes distinctes :

- 1) Calcul de la taille
- 2) Ajustement de la taille
- 3) Transformation du nombre de points de fonction en charge

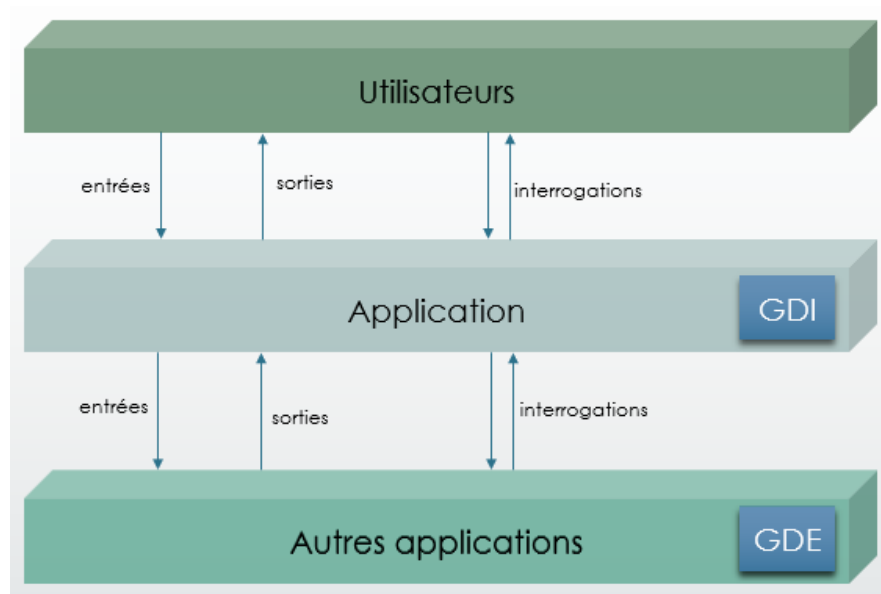


Figure 2.4 Unités d'œuvre de la méthode points de fonction

Chaque élément (GDI, GDE, ENT, SORT, INT) est évalué en fonction de sa complexité, et des points de fonction sont attribués en conséquence. Les éléments complexes obtiennent un nombre de points plus élevé que les éléments simples. La formule générale pour calculer les points de fonction est la suivante :

$$FP = \sum (Poids \times nb_PF)$$

Les mesures en points de fonction sont réalisées par des personnes formées aux techniques de comptage standardisées par l'International Function Point Users Group (IFPUG). Ces mesures, qualifiées de « manuelles », reposent sur la documentation fonctionnelle du projet, des interviews avec les chefs de projets, ou sur l'utilisation du logiciel mesuré. En parallèle, le marché propose des solutions logicielles permettant un comptage automatique, qui s'appuie sur la norme de l'Object Management Group (OMG) et l'analyse du code. Ces mesures dites « automatiques » offrent une alternative efficace aux méthodes manuelles, facilitant ainsi le processus d'évaluation des points de fonction.

Pour calculer la taille, on détermine le nombre de points de fonction du composant en se référant à un tableau de correspondance entre la complexité et le type de composant, ce qui permet d'attribuer un poids approprié à chaque fonctionnalité évaluée.

Exemple de calcul du nombre de points de fonction brut (PFB) : Cet exemple est basé sur la norme IFPUG.

Entité	Complexité	Nb de composants	Poids	Nb de Points de fonction
GDI	Faible	3	7	21
	Moyenne	1	10	10
	Elevée	1	15	15
GDE	Faible	2	5	10
	Moyenne	2	7	14
	Elevée	3	10	30
ENT	Faible	4	3	12
	Moyenne	6	4	24
	Elevée	2	6	12
SORT	Faible	3	4	12
	Moyenne	4	5	20
	Elevée	0	7	0
INT	Faible	2	3	6
	Moyenne	5	4	20
	Elevée	4	6	24
PFB				230

Ajustement du calcul

Le PFB est ensuite ajusté par une appréciation des spécificités du projet. On identifie 14 points, auxquels est attribuée une note de 0 à 5 en fonction du degré d'influence (DI) (se sont 14 caractéristiques générales du systèmes).

Le PFA (Nombre de Points de fonctions ajusté) :

Un degré d'influence total (DIT) : $DIT = (Somme(DI_i)), i = 1 \text{ à } 14$

Facteur d'ajustement : $FA = 0,65 \text{ DIT}/100$

$PFA = FA * PFB$

Par la suite, la charge est calculée en convertissant directement les points :

- **En fin d'étude préalable**
 - 2 jours par point de fonction, si petit projet
 - 3 jours par point de fonction, si projet moyen
 - 4 jours par point de fonction si grand projet
- **En fin d'étude détaillée**
 - 1 à 2 j par PF selon l'environnement (grand système, client/serveur)

Exemple. Supposons que nous ayons un système logiciel qui comprend les éléments suivants

- 4 Entrées Externes (ENT)
- 3 Sorties Externes (SORT)
- 2 Interrogations Externes (INT)
- 2 Fichiers de Données Internes (GDI)
- 1 Fichier d'Interface Externe (GDE)

Chaque élément se voit attribuer un poids en fonction de sa complexité. Pour cet exemple, supposons que les poids soient les suivants :

- ENT : 4 points chacun
- SORT : 5 points chacun
- INT : 6 points chacun
- GDI : 10 points chacun
- GDE : 7 points chacun

$$FP = (4 \times 4 + 3 \times 5 + 2 \times 6 + 2 \times 10 + 1 \times 7) = 70$$

Donc, dans cet exemple, le nombre de points de fonction pour le système logiciel donné serait de 70. Ces points de fonction peuvent ensuite être utilisés pour estimer la taille du projet, mesurer la productivité, ou comparer avec d'autres projets.

Il faut noter que L'IFPUG (International Function Point Users Group) fournit des directives et des recommandations sur la façon d'évaluer la complexité des différents éléments pour calculer les points de fonction, mais il n'impose pas des poids fixes. Les poids peuvent varier en fonction de l'interprétation des évaluateurs et des caractéristiques spécifiques de chaque projet.

L'IFPUG fournit un tableau de points de fonction décrivant une plage de valeurs pour chaque type d'élément (Entrées Externes, Sorties Externes, Interrogations Externes, Fichiers de Données Internes, Fichiers d'Interface Externes). Ces plages sont associées à des facteurs de complexité, permettant aux évaluateurs de déterminer un nombre de points en fonction de la complexité perçue de chaque élément. Par exemple, pour les Entrées de traitement (ENT), le tableau de points de fonction pourrait ressembler à ceci : simple : 3 à 4 points, moyennement complexe : 4 à 6 points et complexes : 6 à 7 points. Le choix précis dans la plage dépendra de l'analyse détaillée de chaque élément par les évaluateurs du projet.

Ainsi, bien que l'IFPUG fournisse des lignes directrices, il est important de noter que la méthode des points de fonction est sujette à une certaine subjectivité. Les équipes de projet peuvent avoir des interprétations légèrement différentes des facteurs de complexité, ce qui peut conduire à des estimations légèrement différentes. C'est pourquoi la méthode encourage souvent la collaboration et la discussion entre les évaluateurs pour parvenir à un consensus sur les poids à attribuer aux différents éléments.

2.5. Conclusion

Ce deuxième chapitre nous a permis d'explorer en détail l'importance de la planification et de l'estimation des coûts dans la gestion de projet. Nous avons examiné comment une planification efficace, à travers des outils comme Gantt et PERT, peut améliorer la productivité et permettre une gestion optimale des différentes phases du cycle de vie d'un projet. Par ailleurs, nous avons abordé les méthodes d'estimation des coûts, telles que COCOMO et les points de

fonction, qui fournissent des cadres essentiels pour évaluer avec précision les ressources et les efforts requis pour mener à bien un projet.

Dans le prochain chapitre nous allons exposer la gestion de la qualité des logiciels ainsi que les normes et standards qui sont largement utilisés dans ce domaine.

Exercices corrigés de planification

Exercice 1

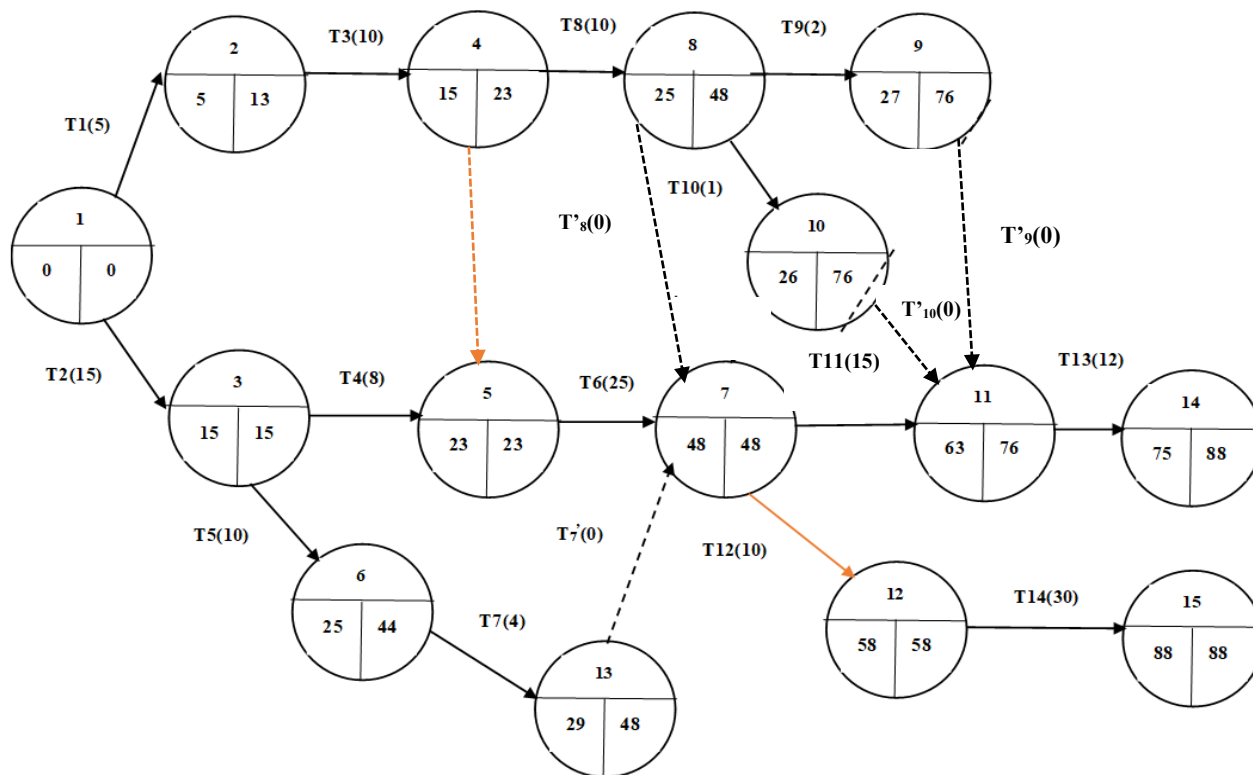
Le tableau suivant représente un ensemble de tâches composants un projet leurs durées ainsi que les relations de précédenance avec d'autres tâches.

Tâches	Durées	Précédenance
T1	5	-
T2	15	-
T3	10	T1
T4	8	T2
T5	10	T2
T6	25	T4, T3
T7	4	T5
T8	10	T3
T9	2	T8
T10	1	T8
T11	15	T6, T7, T8
T12	10	Parallèle à T11
T13	12	T9, T10, T11
T14	30	T12

1. Etablir le réseau Pert tout en calculant les dates au plus tôt et les dates au plus tard des tâches.
2. Calculer les marges et déterminer le chemin critique.
3. Tracer le diagramme de Gantt correspondant à la planification de ce projet.

Corrigé

1- Réseau Pert

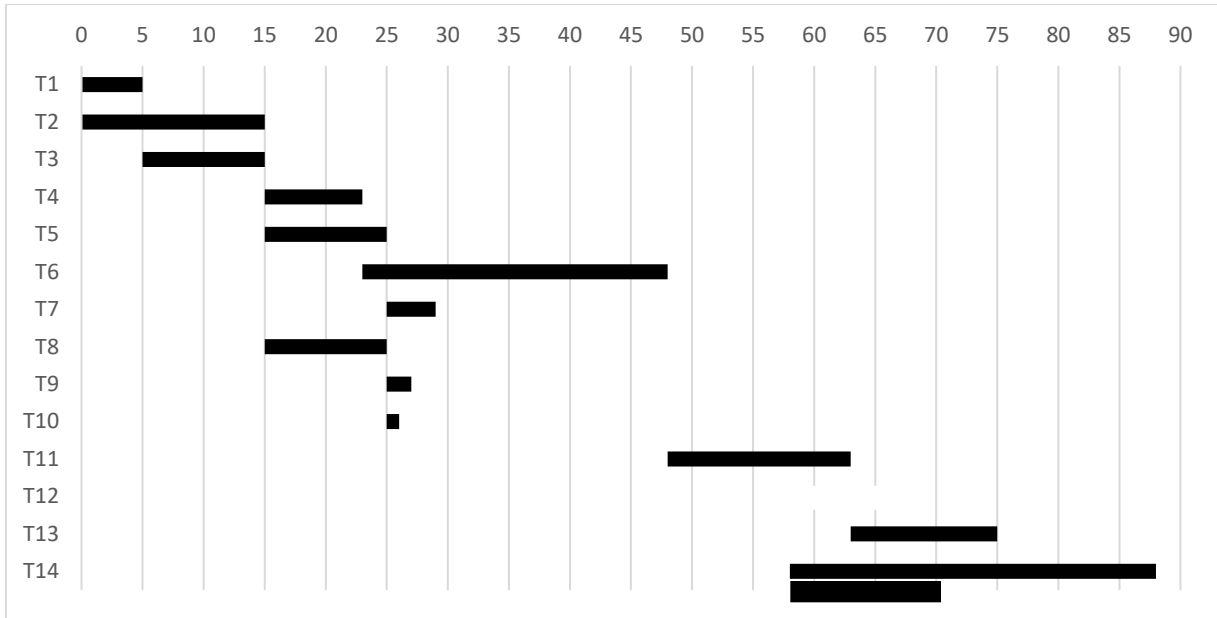


2- Marges totales des tâches :

Tâches	Marges
T1	8
T2	0
T3	8
T4	0
T5	19
T6	0
T7	19
T8	23
T9	49
T10	50
T11	13
T12	0
T13	13
T14	0

Chemin critique : T2, T4, T6, T12, T14.

3- Diagramme de Gantt



Exercice 2

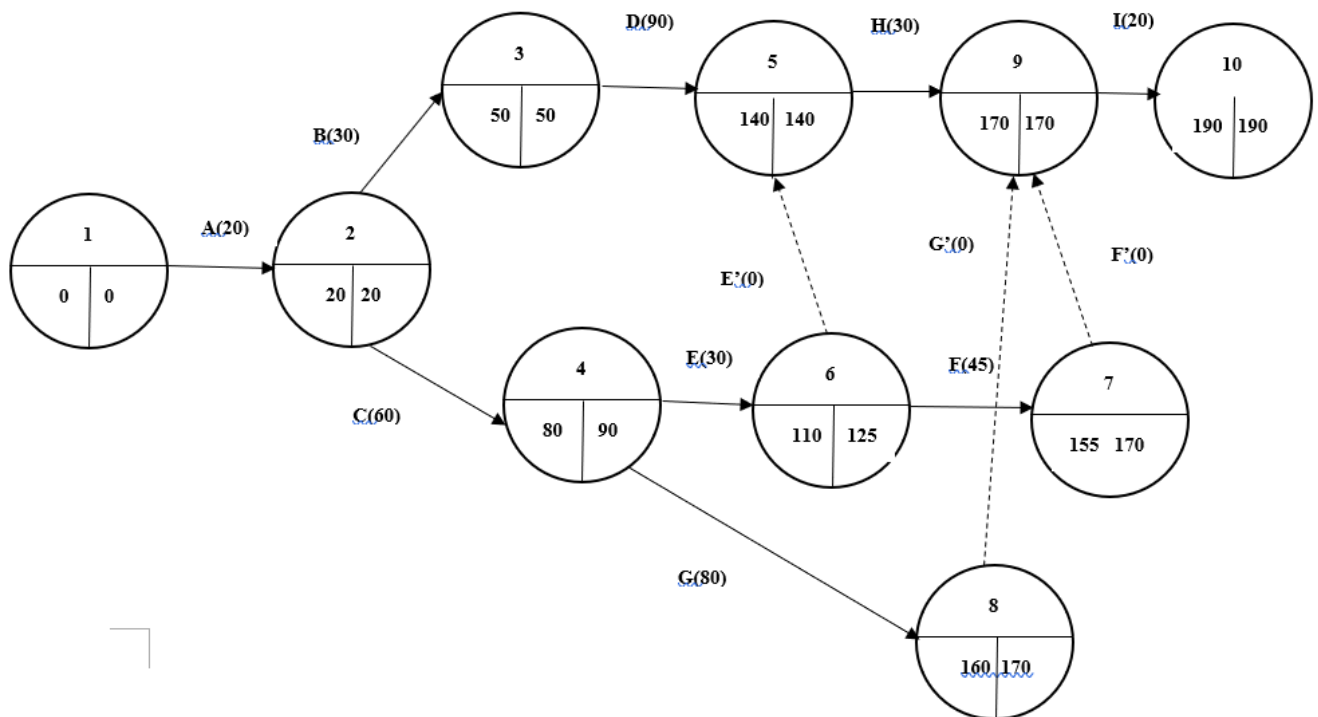
Les activités décrites ci-dessous doivent être effectuées à chaque fois qu'un navire transportant des passagers et du fret entre dans le quai :

Tâche	Description	Prédécesseurs	Durée (min)
A	Arrivée du navire à quai	-	20
B	Débarquement des passagers	A	30
C	Déchargement de la cargaison	A	60
D	Nettoyage du navire	B	90
E	Effectuer un contrôle de sécurité	B, C	30
F	Ravitailer en carburant	E	45
G	Chargement de la cargaison	C	80
H	Embarquement des passagers	D, E	30
I	Départ du navire hors du quai	F, G, H	20

- 1) La direction exige que chaque navire passe au maximum 3 heures dans le quai. Est-ce que cela est possible ?
- 2) En employant des travailleurs supplémentaires, le temps requis pour le déchargement et le chargement de la cargaison peut être réduit à 50 minutes et 70 minutes respectivement. Alternativement, le même coût peut être utilisé pour employer des travailleurs de nettoyage supplémentaires afin de réduire le temps de nettoyage à 75 minutes. Quelle proposition recommandez-vous ?

Corrigé

- 1- Pour savoir si les 3 heures sont suffisantes pour le déchargement et le chargement du navire au quai, on doit planifier les tâches en utilisant le réseau Pert.



Après avoir planifier les tâches en utilisant Pert, on constate que chaque navire doit passer 190 minutes sur le quai ce qui est équivalent à 3 heures et 10 minutes.

Marges totales des tâches :

Tâches	Marges
A	0
B	0
C	10
D	0
E	15
F	15
G	10
H	0
I	0

Chemin critique : A, B, D, H, I.

- 2- La proposition la plus adéquate est de réduire le temps du nettoyage (tâche D) à 75 minutes, parce que la tâche D est une tâche critique, contrairement aux tâches C et G. Ceci va réduire la durée du projet par 15 minutes.
- 3- L'augmentation de la durée du ravitaillement (tâche F) par 5 minutes n'aura aucun effet sur la date de fin du projet, car la tâche F possède une marge totale qui est égale à 15.

Chapitre 3 : Démarche qualité

3.1. Introduction

Il est aujourd'hui impensable de concevoir une application sans tenir compte des problématiques liées à la qualité. La plupart des directions informatiques accordent une importance capitale à cette dimension et mettent en place des politiques rigoureuses en ce sens. Des contrôles fréquents sont ainsi essentiels pour s'assurer que le projet progresse avec un minimum de risques, tout en garantissant une implication optimale des équipes. Le domaine de la qualité étant très vaste, ce chapitre se concentrera sur les concepts fondamentaux, en présentant quelques standards ainsi que certains modèles d'assurance qualité. Ces concepts sont repris des ouvrages (Englander et Fernandes, 2017 ; Stackpole, 2013 ; Tebani, n.d ; Isoz, 2018 ; Collet, 2013).

3.2. Les bases de la qualité

Les projets liés à l'évolution ou à l'implémentation d'un logiciel sont souvent sujets à des dérives en termes de coûts et de durée, et recouvrent rarement le périmètre initialement défini. La démarche qualité est nécessaire pour fiabiliser la gestion de projet, au moyen de différents outils de normalisation des méthodes de travail et de vérification/validation. L'adoption de cette démarche doit amener à une meilleure maîtrise des coûts et de la durée du projet.

Nous allons, à présent, définir quelques concepts de base liés à la démarche qualité.

Définition de la qualité

ISO9000 :2015. La qualité est l'aptitude d'un ensemble de caractéristiques intrinsèques d'un objet (produit, service, processus, organisation, etc.) à satisfaire des exigences.

ASQ - American Society for Quality. La qualité est un degré de conformité à une norme prédéfinie ou un ensemble d'attentes.

NF X50-120. La qualité d'un logiciel est son aptitude à satisfaire les besoins (exprimés ou potentiels) des utilisateurs.

La qualité est la conformité par rapport aux attentes ou aux exigences définies pour le projet au départ. Ces exigences portent sur les objectifs à atteindre, mais aussi sur la manière de formuler les objectifs, la manière de manager les équipes pour y arriver, ou encore les modalités d'action.

Définition de la gestion de la qualité projet

La gestion de la qualité du projet concerne à la fois le management du projet et ses livrables, et s'applique à tous les projets, quelle que soit la nature des livrables. Elle englobe l'ensemble des activités visant à définir la politique de qualité, les objectifs et les responsabilités afin que le projet réponde aux besoins initiaux. Les mesures et techniques de gestion de la qualité varient selon le type de livrables générés. Par exemple, la gestion de la qualité dans le domaine informatique diffère de celle utilisée pour des projets comme la construction d'une centrale nucléaire. Dans tous les cas, le non-respect des exigences de qualité peut entraîner des conséquences négatives importantes pour les parties prenantes du projet.

Tendances et pratiques émergentes en gestion de la qualité du projet

Les approches modernes de la gestion de la qualité visent à réduire les variations et à fournir des résultats qui répondent aux exigences des parties prenantes. Les tendances de la gestion de la qualité du projet comprennent notamment les éléments suivants :

Satisfaction du client. Comprendre, évaluer, définir et gérer les exigences afin de satisfaire aux attentes du client. Cela implique la conformité aux exigences (de façon à ce que le projet produise ce pour quoi il a été entrepris) et l'aptitude à l'emploi (de sorte que le produit ou le service satisfasse aux besoins réels). Dans les environnements agiles, l'engagement des parties prenantes avec l'équipe permet d'assurer que la satisfaction du client est maintenue tout au long du projet.

Amélioration continue. Le cycle Planifier-Dérouler-Contrôler-Agir (Plan-Do-Check-Act, PDCA) est la base de l'amélioration de la qualité. De plus, les démarches d'amélioration de la qualité, telles que la gestion de la qualité totale (Total Quality Management, TQM), l'approche

Six Sigma ou Lean Six Sigma, peuvent améliorer aussi bien la qualité de la gestion de projet que la qualité du produit fini, du service ou du résultat du projet.

Responsabilité de la gestion. Le succès requiert la participation de tous les membres de l'équipe projet. La gestion assume, dans le cadre de sa responsabilité vis-à-vis de la qualité, la responsabilité de fournir les ressources appropriées en quantité suffisante.

Définition de l'assurance qualité projet

C'est l'ensemble des moyens mis en place qui permettent d'assurer et d'avoir confiance dans le niveau de qualité final d'un projet.

L'objectif de l'assurance qualité est de définir un ensemble de dispositions préventives visant à garantir au client que le produit ou service répondra aux exigences spécifiées en matière de qualité. Ces dispositions prennent en compte plusieurs facteurs, tels que l'expression des besoins des utilisateurs, la fiabilité du produit, sa durée de vie, la complexité de l'application, les technologies utilisées, ainsi que l'expérience de l'équipe de développement. Ces éléments combinés permettent de créer un cadre de confiance pour assurer que le produit final satisfasse aux attentes.

Définition de la démarche qualité

La démarche qualité consiste à trouver l'adéquation entre la réponse aux besoins du projet, l'expression correcte de ces besoins par des spécifications adéquates qui passent par une écoute attentive du client, et une réalisation répondant à l'expression des besoins.

Si les spécifications sont conformes aux besoins mais que la réalisation ne répond pas aux spécifications et donc aux besoins, on parle de défauts dans la réalisation. C'est de la non-qualité. Si la réalisation est conforme aux besoins alors que les spécifications n'étaient pas bonnes, on parle de qualité aléatoire. Enfin, si la réalisation est conforme aux spécifications mais que ces dernières ont surévalué les besoins, on parle de sur-qualité.

Au cours du projet, la démarche qualité doit s'intégrer à toutes les phases du projet : *phases d'études préalables et de définition fonctionnelle du besoin, phases de réalisation, phases de test et le contrôle* (Tableau 3.1).

Tableau 3.1 Démarche qualité aux différentes phases du projet

Phase	Démarche à suivre
Etude préalable et définition fonctionnelle	- La vérification du respect des principes de la méthodologie mise en œuvre. - Garantir l'adéquation et la cohérence des solutions proposées avec les attentes entre les différentes phases (schéma directeur, puis analyse préalable puis définition fonctionnelle du besoin). - S'assurer du bon fonctionnement du cycle de validation pour vérifier que tous les principes et solutions proposés ont fait l'objet d'une validation.
Réalisation	- La vérification de la méthodologie mise en œuvre - Garantir les performances et la maintenabilité des applications développées.
Test	- Vérifier le bon fonctionnement intrinsèque des applications livrées - Vérifier l'adéquation entre les fonctions réalisées par ces applicatifs et les fonctions spécifiées dans les dossiers de définition du besoin.
Contrôle	- Contrôle de l'élaboration des fiches de tests (cycle de test, cas de test, description des jeux de test, description des résultats attendus).
Contrôle du cycle de traitement des anomalies	- Les anomalies détectées lors des phases de test doivent donner lieu à une correction en termes de paramétrage/développement. - De nouveaux tests doivent alors avoir lieu dans le cadre de la démarche qualité, afin de s'assurer que les corrections apportées fonctionnent.

3.3. Les standards qualité (ISO 9126 et ISO 9001)

Une **norme technique** ou **standard** est un référentiel publié par un organisme de normalisation officiellement agréé par un État via une organisation nationale de standardisation (comme Afnor pour la France), ou issu d'un traité international (comme ISO).

La **normalisation** ou la **standardisation** est le fait d'établir respectivement des normes et standards techniques, c'est-à-dire un référentiel commun et documenté destiné à harmoniser l'activité d'un secteur. Cette dernière est réalisée par des organismes spécialisés.

Différents modèles et standards de qualité logicielle ont été décrits depuis la naissance de l'informatique moderne. Nous allons étudier, dans cette section, deux exemples intéressants : le modèle ISO 9001 et le modèle ISO 9126 plus récent et normalisé.

3.3.1. Norme ISO 9001

ISO 9000 est ensemble de normes relatives à la qualité, publiées par l'organisation internationale de normalisation. Cette famille couvre les divers aspects de la gestion de la qualité et comprend certaines des normes les plus connues de l'ISO. Elle offre des lignes directrices et des outils aux entreprises et aux organismes qui veulent que leurs produits et services soient constamment en phase avec ce que leurs clients demandent et que la qualité ne cesse de s'améliorer.

La **norme ISO 9001** permet la certification des produits et des systèmes de management de la qualité. Elle sert de référence dans les relations contractuelles entre le client et le fournisseur, assurant une conformité aux exigences spécifiées. Il s'agit de la norme applicable aux activités informatiques, et elle est reconnue pour être le modèle le plus complet, couvrant l'ensemble des processus allant de la conception à la production, en passant par les prestations associées comme l'installation et le développement.

ISO 9001 spécifie les exigences relatives à un système de gestion de la qualité pour tout organisme cherchant à démontrer sa capacité à fournir régulièrement un produit conforme aux attentes des clients ainsi qu'aux réglementations applicables. Son objectif est également d'accroître la satisfaction des clients en appliquant des processus efficaces, favorisant l'amélioration continue du système tout en assurant la conformité aux exigences légales et réglementaires.

Avant l'an 2000, la norme ISO 9001 était divisée en 20 chapitres. Après cette date, ces chapitres ont été regroupés en quatre grands domaines : *responsabilité de la direction*, *management des ressources*, *réalisation d'un produit ou service*, et enfin, *mesure, analyse et amélioration*. ISO 9001 est la seule norme de la famille ISO 9000 pouvant être utilisée pour la certification, bien que cette certification ne soit pas obligatoire.

Cette norme repose sur plusieurs principes fondamentaux du management de la qualité, tels qu'une forte orientation client, l'engagement de la direction, l'approche processus, et

l'amélioration continue. En adoptant ISO 9001, les organisations s'assurent de fournir des produits et services de qualité constante, ce qui peut apporter des retombées commerciales positives. À ce jour, ISO 9001 a évolué au fil du temps avec les versions 2000, 2008 et 2015. Elle est utilisée par plus d'un million d'entreprises et organismes dans plus de 170 pays.

3.3.2. Norme ISO 9126

Cette norme, établie en 2001 et plus récente que la norme ISO 9000, définit les règles qualités des produits du type logiciel (progiciel ou développement spécifique). Son contenu est repris avec des enrichissements dans la norme ISO 25000, également appelée SQuaRE (Software Quality Requirement and Evaluation, exigences et évaluation de la qualité du logiciel). Ce modèle est un standard, facilement modélisable et susceptible d'évoluer. Il est donc logiquement l'un des plus utilisés, voire le plus utilisé de nos jours.

Cette norme a été publiée sous la désignation ISO/IEC 9126 car elle est issue d'une collaboration entre l'ISO (International Organization for Standardization) et l'IEC (International Electrotechnical Commission). Le préfixe "IEC" souligne l'implication de la commission dans les normes concernant l'électrotechnique et l'informatique.

Les caractéristiques qualités proposées par cette norme sont regroupées en deux parties. La première est constituée de six catégories (caractéristiques), regroupant chacune des sous-caractéristiques, au total de 21, constituant les bases pour l'évaluation de la *qualité* des produits logiciels. La deuxième spécifie les 4 caractéristiques définissant la qualité du produit logiciel en cours de son *utilisation*, (tableau 3.2).

Tableau 3.2 Caractéristiques et sous-caractéristiques d'ISO/IEC 9126

Qualité	
<i>Caractéristiques</i>	<i>Sous-caractéristiques</i>
<i>Capacité fonctionnelle</i>	Aptitude, exactitude, interopérabilité, conformité réglementaire, sécurité.
<i>Fiabilité</i>	Maturité, tolérance aux fautes, possibilité de récupération.
<i>Facilité d'utilisation</i>	Facilité de compréhension, facilité d'apprentissage, facilité d'exploitation.
<i>Rendement (efficacité)</i>	Comportement vis-à-vis du temps, comportement vis-à-vis des ressources.
<i>Maintenabilité</i>	Facilité d'analyse, facilité de modification, facilité de tests, stabilité.
<i>Portabilité</i>	Facilité d'adaptation, facilité d'installation, conformité aux règles de portabilité, interchangeabilité.
Utilisation	
<i>Caractéristiques</i>	<i>Sous-caractéristiques</i>
<i>Facilité d'utilisation</i>	Facilité de compréhension, facilité d'apprentissage, facilité d'exploitation.
<i>Rendement (efficacité)</i>	Comportement vis-à-vis du temps, comportement vis-à-vis des ressources.
<i>Maintenabilité</i>	Facilité d'analyse, facilité de modification, facilité de tests, stabilité.
<i>Portabilité</i>	Facilité d'adaptation, facilité d'installation, conformité aux règles de portabilité, interchangeabilité.

3.4. Assurance qualité

3.4.1. Modèle CMM

CMM (Capacity Maturity Model) est un modèle d'évaluation et d'évolution des processus logiciels. Il a été élaboré par le SEI (Software Engineering Institute de l'Université Carnegie Mellon). Il s'agit d'un modèle applicable à tout organisme impliqué dans le développement de logiciel.

CMM comporte 5 niveaux de maturité : initial, reproductible (Répétitif), défini, maîtrisé et optimisé. Ces niveaux constituent autant d'étapes sur le chemin menant à des processus matures.

Initial – niveau 1. Il n'y a pas de méthode formelle, ni de cohérence, ni de standard, sur la base desquels les systèmes seraient construits. Le processus de développement n'est pas maîtrisé, il n'y a pas de volonté ferme de le gérer. Le succès dépend essentiellement des efforts individuels et des compétences des développeurs. Les exigences de qualité, les plannings et les budgets sont en général, difficilement respectés.

Répétitif – niveau 2. Il y a un consensus dans l'organisme sur la manière dont les choses doivent être gérées, mais cela n'a été ni formalisé ni écrit. Une gestion de projet, fondée sur la réussite des projets précédents, a été mise en place. Le processus de développement est stabilisé, sous le contrôle d'une gestion rigoureuse des coûts et des délais.

Défini – niveau 3. Le processus de développement est formalisé, documenté et appliqué. Les revues sont menées avec rigueur et les configurations sont convenablement gérées. Une structure Qualité & Méthodes précise et met à jour régulièrement les procédures de l'organisme.

Géré – niveau 4. L'organisme a institué un processus formel de collecte d'informations métriques pour suivre et gérer son processus de développement ainsi que les systèmes résultants. Des indicateurs contrôlent le bon déroulement des projets et le respect des objectifs de qualité.

Optimisé – niveau 5. L'organisme exploite les mesures pour optimiser en permanence son processus de développement. L'organisme maîtrise un processus de correction des aspects qui seraient jugés insuffisants, à la lecture des indicateurs. Naturellement, tous les niveaux à partir du 2ème impliquent de définir avec précision et de gérer avec rigueur les processus de l'organisme.

Le tableau 3.3 récapitule les différents niveaux du modèle CMM.

Tableau 3.3 Niveaux de maturité du modèle CMM

Niveaux	Description
1	Etat initial : l'organisation est artisanale, les processus n'existent pas. Les contraintes de délai, de sécurité et qualité ne sont pas contrôlables.
2	Etat répétitif : l'organisme sait reproduire des plans de projet déjà expérimentés. Des jalons sont mis en œuvre et les contraintes sont vérifiées.
3	Etat défini : la gestion de projet et l'organisme suivent des règles prédéterminées.
4	Etat maîtrisé : les processus sont éprouvés et mesurés, la gestion du projet devient proactive
5	Etat optimisé : l'organisme, les processus et les projets sont améliorés de manière continue.

Chacun des niveaux de maturité est divisé en plusieurs secteurs clés, sauf pour le niveau 1 qui n'en contient pas :

Niveau 2 : Planification de projet, assurance qualité,

Niveau 3 : Définition des processus, ingénierie des produits logiciels,

Niveau 4 : Gestion quantitative des processus et de la qualité logicielle,

Niveau 5 : Gestion des changements technologiques et des changements de processus.

Chaque secteur clé est décrit par un ensemble de caractéristiques communes qu'il convient de remplir si l'on veut satisfaire aux exigences d'un secteur clé. Les caractéristiques communes contiennent des pratiques clés dont la réalisation est nécessaire pour atteindre les objectifs.

Le CMM évolue et a récemment donné naissance au CMMI (Capacity Maturity Model Integrated) qui concerne, outre l'aspect logiciel, les aspects « systèmes de développement ».

Succès du modèle CMM

Pour maximiser les chances de succès du modèle CMM, il est essentiel d'appliquer rigoureusement les principes fondamentaux suivants :

- Impliquer toute la hiérarchie dans la mise en application.

- Définir les politiques relatives aux thèmes majeurs.
- Affecter des responsabilités pour appliquer les directives correspondantes à ces politiques.
- Allouer des ressources adéquates (encadrement, outils, et temps).
- Donner une formation suffisante.
- Se fixer des buts réalistes.
- Définir des mesures avant de commencer.
- Mesurer les contrôles, les processus et la qualité.
- Vérifier que les membres de l'équipe sont convenablement qualifiés et suivent les procédures établies.

3.4.2. Modèle SPICE

SPICE (Software Process Improvement and Capability dEtermination) est une norme internationale développée par l'ISO, visant à standardiser l'évaluation et l'amélioration des processus logiciels. Elle propose un cadre complet et cohérent pour le management des processus logiciels, favorisant ainsi leur évolution continue.

SPICE permet non seulement de mesurer la maturité et la performance des processus utilisés dans le développement et la maintenance des logiciels, mais constitue également un référentiel des pratiques clés à adopter pour optimiser la gestion et la maîtrise des projets. En tant que méthodologie de travail, SPICE se positionne comme un outil d'évaluation essentiel pour assurer un pilotage efficace des projets tout en garantissant une amélioration progressive des processus en place.

Le modèle SPICE établit deux grands axes d'étude pour évaluer la maturité des processus logiciels : le processus lui-même et son niveau de maturité.

4. Évaluation du processus : elle se fait sur cinq thèmes majeurs :

- *Relations client-fournisseur* : l'interaction entre le client et le fournisseur tout au long du projet, en s'assurant que les exigences sont bien comprises et satisfaites.
- *Ingénierie* : le développement du logiciel, y compris la conception, le codage, les tests et la validation des produits.

- *Support* : la gestion des interfaces entre les processus, la documentation, la gestion des versions et les activités de support.
- *Gestion* : l'administration des activités de développement, incluant la planification, la gestion des ressources et le suivi des performances.
- *Organisation* : l'environnement global dans lequel le logiciel est développé, comprenant les politiques d'exploitation, les outils et l'infrastructure.

5. Évaluation de la maturité : des processus, mesurée sur cinq niveaux :

- *Niveau 0 : Processus incomplet* – Le processus n'est pas totalement réalisé ou atteint ses objectifs de manière partielle. Les résultats ne sont pas toujours identifiables ou quantifiables.
- *Niveau 1 : Processus effectué* – Les objectifs sont atteints et les pratiques de base sont employées. Les preuves des produits livrés montrent que le processus est fonctionnel, mais la gestion repose souvent sur l'individu, sans standardisation à plus grande échelle.
- *Niveau 2 : Processus géré* – Les produits sont conformes aux standards et la gestion est effectuée au niveau du projet, avec une planification et un suivi précis. Le processus est bien géré et les résultats sont reproductibles.
- *Niveau 3 : Processus établi* – Le processus est standardisé à travers l'organisation. Des pratiques documentées sont adoptées et adaptées aux besoins spécifiques des projets, permettant une meilleure harmonisation à l'échelle de l'organisation.
- *Niveau 4 : Processus prévisible* – Les performances du processus sont mesurées et les résultats sont quantifiés. Les écarts sont réduits, garantissant une qualité prédéfinie des produits.
- *Niveau 5 : Processus optimisé* – L'organisation améliore continuellement ses processus, les adaptant en fonction des nouveaux objectifs et des opportunités de productivité. Ce niveau reflète une gestion proactive et agile visant à une performance toujours plus efficace.

Ces deux axes, à savoir l'évaluation détaillée des processus et la mesure de leur maturité, permettent aux organisations de mieux comprendre leurs capacités et d'identifier les points d'amélioration pour un développement logiciel plus efficace et maîtrisé.

3.5. Conclusion

La gestion de la qualité est un aspect incontournable dans la conduite de projets informatiques, garantissant que les livrables répondent aux exigences des clients et aux normes en vigueur. Ce chapitre a permis de passer en revue les concepts fondamentaux liés à la démarche qualité, les principales normes telles que l'ISO 9001 et les modèles comme CMM et SPICE. Ces cadres offrent des méthodes et des outils pour évaluer, contrôler et améliorer la qualité des processus et des produits. En adoptant ces pratiques, les organisations peuvent non seulement réduire les risques, mais aussi optimiser leurs performances, assurant ainsi un développement efficace et durable.

Examens & corrigés types

Examen final en Gestion de projet et entrepreneuriat

Questions de compréhension – Cocher la ou les bonnes réponses

- | | |
|--|--|
| <p>1) Parmi les qualificatifs suivants, qui est (sont) incompatible(s) avec la notion de projet :</p> <ul style="list-style-type: none">a- Originalb- Singulierc- Permanentd- Novateure- Complexe | <p>6) Les critères de classement des projets dans une entreprise sont :</p> <ul style="list-style-type: none">a- Gravité / Fréquenceb- Risque / Préventionc- Taille /Complexité |
| <p>2) Au sens de gestion de projet, on appelle ouvrage :</p> <ul style="list-style-type: none">a- L'ensemble des actions réalisées au cours du projetb- La méthode utilisée pour réaliser le projetc- Un élément matériel constitutif du projetd- L'objet physique ou intellectuel du projet | <p>7) La méthode des points de fonction prend en considération :</p> <ul style="list-style-type: none">a- Groupe de logique de données internesb- Fichiers d'interface externec- Nombre des instructions livréesd- Ressources utiliséese- Entrée de traitement |
| <p>3) La gestion des opérations se caractérisent par :</p> <ul style="list-style-type: none">a- Incertitude faibleb- Processus récurrentc- Milieu temporaired- Incertitude forte | <p>8) Une marge libre d'une tâche se traduit par :</p> <ul style="list-style-type: none">a- Le délai dont on dispose sur chacune des tâches pour absorber un éventuel retardb- Le retard maximal que l'on peut admettre sur une tâche sans modifier les dates au plus tôt des étapes suivantesc- Le délai qu'on lui accorde à son commencement sans répercuter un retard sur la réalisation du projet |
| <p>4) Quelles sont les décisions prises lors de la phase d'organisation et de préparation d'un projet :</p> <ul style="list-style-type: none">a- Analyser les besoinsb- Fixer les délaisc- Définir l'objectifd- Suivre et pilotere- Planifier | <p>9) Dans le diagramme de Gantt, on représente dans un tableau :</p> <ul style="list-style-type: none">a- Les tâches en colonne et les unités de temps en ligneb- Les tâches en ligne et les unités de temps en colonnec- Les tâches en ligne et les unités de temps et les coûts en colonne |

5) Les jalons d'un projet sont :

- a- Des événements montrant une certaine progression du projet
- b- Dates de début et de fin d'un projet
- c- Les délais de réalisation des tâches

10) Dans l'estimation des coûts, une charge est :

- a- Le nombre de personnes nécessaire pour la réalisation d'une tâche
- b- La quantité de travail qu'une personne peut réaliser
- c- La durée nécessaire pour la réalisation d'une tâche par personne

Planification et estimation des coûts**Exercice 1**

Dans le cadre de la réforme hospitalière, les conseils d'administration de 3 centres hospitaliers voisins ont élaboré en commun un plan de rationalisation de leurs activités et ils ont décidé de fusionner les trois entités en une seule. La réorganisation des unités de soins et de leur gestion implique l'interconnexion des réseaux informatiques des 3 sites. Les tâches nécessaires à la réalisation de ce projet, leurs durées ainsi que les conditions d'antériorité qui les relient figurent dans le tableau ci-dessous :

Tâche	Description	Durée (jours)	Prédécesseur
A	Définition des contraintes du réseau	2	B, E
B	Mise en place du projet	6	-
C	Mise en place des droits d'accès	2	F
D	Achat des composants matériels	8	J
E	Définition du budget	3	-
F	Mise à jour des groupes utilisateurs	2	K
G	Formation de l'administration réseau	5	J
H	Câblage	10	J
I	Commande de Novell Netware	4	D
J	Choix des fournisseurs et des intervenants	5	A
K	Mise à jour logicielle des postes clients	1	M
L	Mise à jour matérielle des postes	2	D
M	Installation Novell Netware	2	L, I, H, G

- 1) Etablir le réseau Pert associé à ce projet. Pour chaque étape de réalisation, calculer les dates au plus tôt et les dates au plus tard. (3 pts)
- 2) Quelle est la durée minimale de réalisation du projet ? Combien d'unités de temps a-t-on gagné après planification ? (0,5 pt)
- 3) Calculer les marges totales de chaque tâche et déterminer le chemin critique. (1,5 pts)
- 4) Le responsable redoute maintenant des difficultés techniques sur la mise à jour matérielle des postes, difficultés qui rallongeraient la durée de tâche L à 8 jours. Indiquer l'incidence de ce rallongement sur la durée globale du projet. (0,5 pt)
- 5) Les conseils de l'administration veulent approcher la date du lancement de la fusion de 3 jours. Pour ce faire, ils prévoient trois solutions. La première consiste à réduire la durée de la mise en place du projet de 2 unités de temps. La deuxième consiste à accélérer l'opération du câblage et gagner 3 jours. Dans la troisième solution, la direction propose de réduire la durée du choix des fournisseurs et des intervenants à 2 jours. Laquelle de ces trois solutions est la plus adéquate ? Justifier votre choix. (1,5 pts)

Exercice 2

Soit à développer un logiciel de gestion de stock d'une entreprise. La taille du projet est estimée à 70000 lignes de codes.

- 1) Préciser le type du projet à considérer en se basant sur la classification des projets considérée par la méthode COCOMO. (0,5 pt)
- 2) En appliquant la méthode COCOMO, estimer la charge et la durée que faudrait une équipe de développement prévoir pour développer ce logiciel. (1,5 pts)
- 3) Déterminer la taille moyenne de l'équipe du projet. (0,5 pt)

Corrigé type

Questions de compréhension

1) Parmi les qualificatifs suivants, qui est (sont) incompatible(s) avec la notion de projet :

- f- Original
- g- Singulier
- h- Permanent (1)
- i- Novateur
- j- Complexe

2) Au sens de gestion de projet, on appelle ouvrage :

- e- L'ensemble des actions réalisées au cours du projet
- f- La méthode utilisée pour réaliser le projet
- g- Un élément matériel constitutif du projet
- h- L'objet physique ou intellectuel du projet (1)

3) La gestion des opérations se caractérise par :

- e- Incertitude faible (0,5)
- f- Processus récurrent (0,5)
- g- Milieu temporaire
- h- Incertitude forte

4) Quelles sont les décisions prises lors de la phase d'organisation et de préparation d'un projet :

- f- Analyser les besoins
- g- Fixer les délais (0,5)
- h- Définir l'objectif (0,25)
- i- Suivre et piloter
- j- Planifier (0,25)

6) Les critères de classement des projets dans une entreprise sont :

- d- Gravité / Fréquence
- e- Risque / Prévention
- f- Taille / Complexité (1)

7) La méthode des points de fonction prend en considération :

- f- Groupe de logique de données internes (0,5)
- g- Fichiers d'interface externe (0,25)
- h- Nombre des instructions livrées
- i- Ressources utilisées
- j- Entrée de traitement (0,25)

8) Une marge totale d'une tâche se traduit par :

- d- Le délai dont on dispose sur chacune des tâches pour absorber un éventuel retard
- e- Le retard maximal que l'on peut admettre sur une tâche sans modifier les dates au plus tôt des étapes suivantes (1)
- f- Le délai qu'on lui accorde à son commencement sans répercuter un retard sur la réalisation du projet

9) Dans le diagramme de Gantt, on représente dans un tableau :

- d- Les tâches en colonne et les unités de temps en ligne
- e- Les tâches en ligne et les unités de temps en colonne (1)
- f- Les tâches en ligne et les unités de temps et les coûts en colonne

5) Les jalons d'un projet sont :

- d- Des événements montrant une certaine progression du projet (1)
- e- Dates de début et de fin d'un projet
- f- Les délais de réalisation des tâches

10) Dans l'estimation des coûts, une charge est :

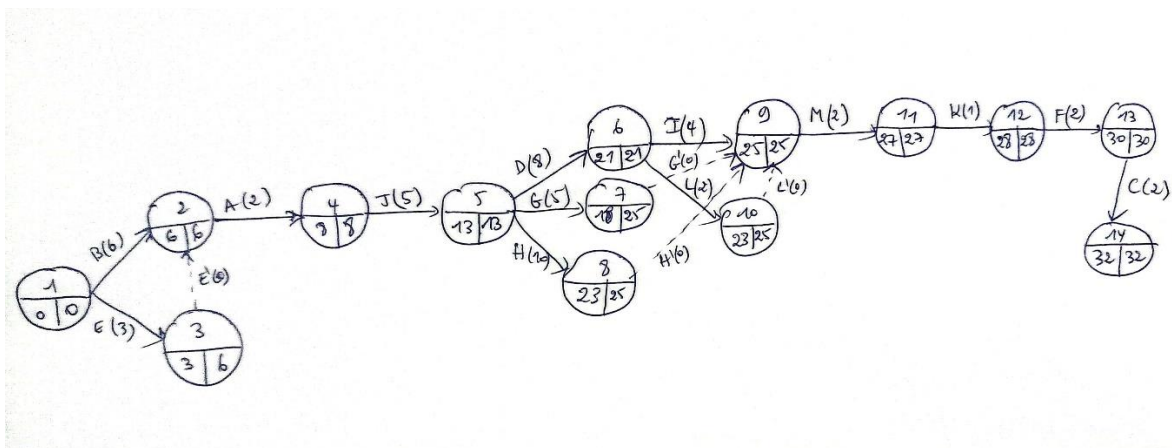
- d- Le nombre de personnes nécessaire pour la réalisation d'une tâche
- e- La quantité de travail qu'une personne peut réaliser (1)
- f- La durée nécessaire pour la réalisation d'une tâche par personne

Planification et estimation des coûts

Exercice 1

Tâche	Description	Durée (jours)	Prédécesseur
A	Définition des contraintes du réseau	2	B, E
B	Mise en place du projet	6	-
C	Mise en place des droits d'accès	2	F
D	Achat des composants matériels	8	J
E	Définition du budget	3	-
F	Mise à jour des groupes utilisateurs	2	K
G	Formation de l'administration réseau	5	J
H	Câblage	10	J
I	Commande de Novell Netware	4	D
J	Choix des fournisseurs et des intervenants	5	A
K	Mise à jour logicielle des postes clients	1	M
L	Mise à jour matérielle des postes	2	D
M	Installation Novell Netware	2	L, I, H, G

1) Réseau Pert



2) La durée minimale est : 32 jours. On a gagné 20 jours (52 jours avant planification avec Pert).

3) Marges totales

$$MT(A) = 0$$

$$MT(D) = 0$$

$$MT(G) = 7$$

$$MT(J) = 0$$

$$MT(B) = 0$$

$$MT(E) = 3$$

$$MT(H) = 2$$

$$MT(K) = 0$$

$$MT(C) = 0$$

$$MT(F) = 0$$

$$MT(I) = 0$$

$$MT(L) = 2$$

$$MT(M) = 0$$

Le chemin critique est : B – A – J – D – I – M – K – F – C

- 4) La nouvelle durée de la tâche L (8 jours au lieu de 2) va retarder la fin du projet de 4 jours. En effet, la tâche L a une MT = 2 qui va absorber deux jours de plus de sa durée ($2 + 2 = 4$). Par conséquent, les 4 jours restant vont être répercutés sur la date de fin du projet.
- 5) La première solution est rejetée car même si la tâche B est critique mais elle nous fait gagner que deux jours alors qu'on a besoin de trois.

La deuxième solution est rejetée car la tâche H n'est pas critique.

La troisième solution est à retenir car la tâche J est critique et sa nouvelle durée = 2 jours ce qui nous fait gagner trois jours. Par conséquent, la nouvelle date de fin du projet = 29.

Exercice 2

- 1) Ce projet est considéré comme un projet moyen selon la classification des projets de COCOMO ($50 \text{ kisl} < 70 \text{ kisl} < 300 \text{ kisl}$).

2)

- Calcul de la charge (0,75 pt) :

$$c = 3(Kisl)^{1,12}$$

$$c = 3(70)^{1,12} \cong 350 \text{ mois/homme}$$

- Calcul de la durée (0,75 pt) :

$$D = 2,5(c)^{0,35}$$

$$D = 2,5(350)^{0,35} \cong 19,5 \text{ mois}$$

- 3) La taille moyenne de l'équipe du projet.

$$Equipe = \frac{350}{19,5} \cong 18 \text{ personnes}$$

Examen final en Gestion de projet et entrepreneuriat

Partie I : Questions de cours

- 1- Identifier les trois contraintes fondamentales associées à la gestion d'un projet et discuter leurs interdépendances.
- 2- L'équipe du projet est constituée d'un ensemble d'acteurs où chaque acteur assume, dans le projet, une responsabilité. On distingue deux principaux acteurs : le maître d'ouvrage (MOA) et le maître d'œuvre (MOE). Quelles sont les missions de ces deux acteurs ?
- 3- Quels sont les différents niveaux de maturité du modèle CMM ?
- 4- Quels sont les éléments essentiels pris en compte pour mesurer la taille d'une application informatique en points de fonction ?
- 5- Quelle est la différence entre la marge totale d'une tâche et sa marge libre ?

Partie II : Planification et estimation des coûts

Exercice 1 : Planification

On désire mener un projet de développement comportant les phases : spécification (5 semaines), conception (4 semaines) et développement (15 semaines).

Après la phase de spécification d'autres phases supplémentaires sont nécessaires concernant la réalisation des interfaces graphiques. Il s'agit, dans un premier temps, d'une phase de maquettage (2 semaines). Cette dernière sera suivie par une phase d'implémentation des maquettes (2 semaines). Une fois, le développement de l'application et l'implémentation des interfaces seront achevés, une phase d'intégration de deux semaines sera nécessaire pour intégrer ces IHM à l'application développée, suivi par une phase de test de 5 semaines.

- 1- Donner l'ensemble des tâches composant ce projet, leurs durées ainsi que la relation de précedence (sous forme de tableau).
- 2- Tracer le réseau Pert associé à ce projet. Combien d'unités de temps a-t-on gagné après planification.
- 3- Déterminer le chemin critique. Que cela signifie-t-il pour les tâches qui le composent.
- 4- Tracer le diagramme de Gantt correspondant à la planification de ce projet.

Exercice 2 : Estimation des coûts

Soit à développer un logiciel de gestion des flux de marchandises d'une entreprise. La taille du projet est estimée à 40000 lignes de codes.

- 1- Précisez le type du projet à considérer en se basant sur la classification des projets considérées par la méthode COCOMO.
- 2- En appliquant la méthode COCOMO estimer la charge et la durée que faudrait une équipe de développement prévoir pour développer ce logiciel.

Corrigé type

Partie I : Questions de cours

- 1) Les trois contraintes sont : contrainte de délai, contrainte de coût et contrainte de qualité.

Le livrable va être situé sur ces 3 axes. Exiger un temps moindre par exemple va certainement coûter plus cher et on devra peut-être renoncer à un certain niveau de qualité. De même exiger une meilleure qualité peut coûter plus que ce qu'il a été prévu.

- 2) Les missions du MOA sont :

- a. La rédaction du cahier des charges fonctionnel : définir le périmètre, déterminer les objectifs, allouer un budget global, fixer un délai de livraison,
- b. Choix de la maîtrise d'œuvre,
- c. Piloter le projet : animer les comités de pilotage, valider les jalons,
- d. Effectuer la recette fonctionnelle,
- e. Contrôler l'évolution du système,
- f. Gestion du déploiement du changement,
- g. Validation des résultats intermédiaires et finaux du projet,

Les missions du MOE sont :

- a. Conception de la solution,
- b. Réalisation ou faire réaliser l'ouvrage : acheter ou sous-traiter,
- c. Assurer la coordination de l'équipe de réalisation,
- d. Assurer le bon déroulement du projet : respecter le budget, respecter la date de livraison, veiller à la qualité des livrables,
- e. Définir et lancer les études et développements spécifiés dans le contrat, le cahier des charges du projet,
- f. Assister et rendre compte à la MOA.

- 3) CMM comporte 5 niveaux de maturité : initial, reproductible, défini, maîtrisé et optimisé.

4)

- Groupe de logique de données internes (GDI)
- Groupe de logique de données externes (GDE)
- Entrée de traitement (ENT)
- Sortie de traitement (SORT)
- Interrogations (INT)

- 5) Marge totale : indique le retard maximal que l'on peut admettre sur une tâche sans allonger la durée optimale du projet. Elle entraîne des changements des dates au plus tôt des étapes suivantes et du chemin critique (elle consomme les marges libres des tâches suivantes).

Marge libre : indique le retard maximal que l'on peut admettre sur une tâche sans modifier les dates au plus tôt des étapes suivantes.

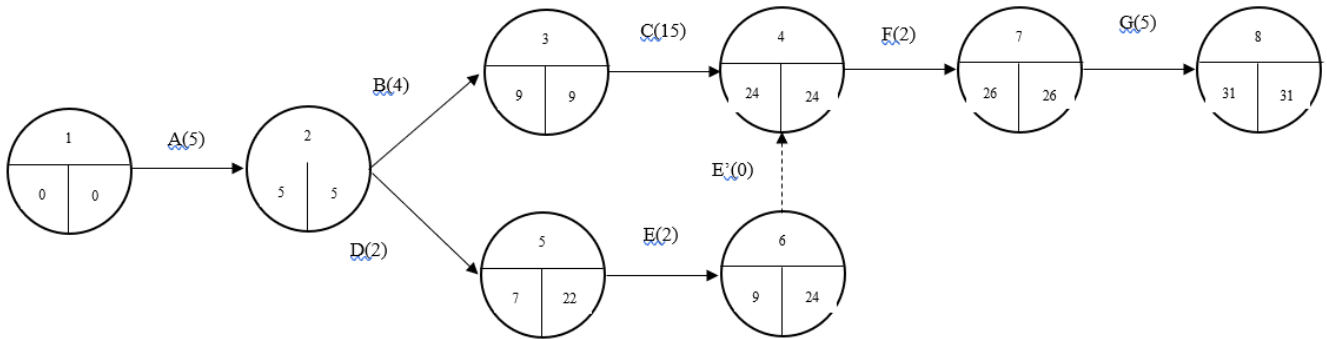
Partie II : Planification et estimation des coûts

Exercice 1 : Planification

1-

Tâches	Durées	Prédécesseurs
A : Spécification	5	-
B : Conception	4	A
C : Développement	15	B
D : maquettage	2	A
E : Implémentation	2	D
F : Intégration	2	E, C
G : Test	5	F

2-



- On a gagné 4 semaines.

3-

Calcul des marges :

Tâches	Marges
A	0
B	0
C	0
D	15
E	15
F	0
G	0

Chemin critique : A – B – C – F – G.

Le chemin critique est composé de l'ensemble des tâches pour lesquels aucun retard n'est possible sans remettre en cause la durée optimale du projet. Sur le chemin critique, les marges totales des différentes tâches sont nulles (C'est l'ensemble des tâches dont la marge totale et la marge libre est nulle. C'est le chemin dont la succession des tâches donne la durée d'exécution la plus longue du projet et fournit le délai d'achèvement le plus court. Si l'on prend du retard sur la réalisation de ces tâches, la durée globale du projet est allongée).

4-

	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32
A																
B																
C																
D																
E																
F																
G																

Exercice 2 : Estimation des coûts

1) Ce projet est considéré comme un projet simple selon la classification des projets de COCOMO ($40 \text{ kisl} < 50 \text{ kisl}$).

2) En appliquant la méthode COCOMO estimer la charge et la durée que faudrait une équipe de développement prévoir pour développer ce logiciel. (3 pts)

- Calcul de la charge (1,5 pts) :

$$c = 3,2(Kisl)^{1,05}$$

$$c = 3,2 (40)^{1,05} \cong 154 \text{ mois/homme}$$

- Calcul de la durée (1,5 pts) :

$$D = 2,5(c)^{0,38}$$

$$D = 2,5 (154)^{0,38} \cong 17 \text{ mois}$$

Conclusion générale

Les projets occupent aujourd'hui une place centrale dans la transformation des organisations, qu'il s'agisse de développer de nouveaux produits, de mettre en œuvre des systèmes d'information, ou d'améliorer des processus existants. Ils permettent aux entreprises de rester compétitives et innovantes dans un environnement en constante évolution. Chaque projet est unique, comporte des objectifs spécifiques et implique une gestion minutieuse des ressources et des contraintes. C'est dans cette optique que la gestion de projet prend toute son importance.

La gestion de projet est devenue une discipline incontournable pour piloter et garantir le succès des initiatives complexes, surtout dans les secteurs technologiques. Elle offre une méthodologie rigoureuse pour planifier, exécuter, et finaliser un projet en respectant les délais, les budgets et les exigences de qualité. Par ailleurs, une bonne gestion des projets ne se limite pas simplement à atteindre ces objectifs, mais également à anticiper les risques, optimiser les ressources et assurer la satisfaction des parties prenantes.

L'importance de la gestion de projet réside dans sa capacité à structurer et à organiser les efforts, à réduire les incertitudes et à maximiser les chances de réussite. Dans un monde où les technologies évoluent rapidement, les compétences en gestion de projet deviennent un atout clé pour les professionnels, leur permettant d'assurer la coordination efficace des équipes et de garantir la livraison de solutions innovantes.

Le contenu de ce cours vise à fournir aux étudiants les outils, méthodes et bonnes pratiques nécessaires pour aborder les projets avec une approche structurée et orientée résultats. Les différents concepts abordés, tels que la planification, l'estimation des coûts ou encore la gestion de la qualité, permettront aux futurs gestionnaires de projets de maîtriser les fondements essentiels pour mener à bien leurs missions, quelle que soit la complexité des projets auxquels ils seront confrontés.

Ce cours s'articule autour de trois chapitres principaux. Le premier chapitre introduit les notions fondamentales du projet et de la gestion de projet, en mettant en avant les concepts clés

tels que les principales parties prenantes. Le deuxième chapitre se concentre sur la planification et l'estimation des coûts, en abordant des outils essentiels comme les diagrammes de Gantt et de PERT, ainsi que des modèles d'estimation comme COCOMO et les points de fonction. Enfin, le troisième chapitre est dédié à la démarche qualité, en explorant les normes et standards utilisés pour garantir la qualité des livrables tout au long du cycle de vie du projet.

Références bibliographiques

1. Yende, R. G. (2019). *COURS DE METHODES DE CONDUITE DES PROJETS INFORMATIQUES* (Doctoral dissertation, INSTITUT supérieur de Commerce).
2. Abdelhadi, Ade. (n.d.). *Support de cours Management de projet IT* [Cours]. Université de Batna.
3. Stackpole, C. S. (2013). *A User's Manual to the PMBOK Guide*. John Wiley & Sons.
4. Rota, V. M. (2009). *Gestion de projet. Vers des méthodes agiles*, Eyrolles, France.
5. Thakkar, J. J. (2022). *Project Management: Strategic and Operational Planning*. Springer Nature.
6. Pillou, J. F. (2006). Tout sur les Systèmes d'information. *CommentCaMarche. net. L'encyclopédie pratique de l'informatique*.
7. Marchat, H. (2008). *Analyse des besoins: La gestion des projets par étape-lère étape*. Editions Eyrolles.
8. Portny, S. E. (2011). *La gestion de projet pour les nuls*. Pour les nuls.
9. Englender, Olivier, and Sophie Fernandes. *Manager un projet informatique: comprendre pour faire les bons choix tout au long du projet*. Editions Eyrolles, 2017.
<http://livre21.com/LIVREF/F6/F006080.pdf>.
10. Isoz, Vincent. *Ingénierie de la gestion de projets : Guide non exhaustif pour scientifiques & ingénieurs*. H. Ford, 2018.
11. Tebani, D. (n.d.). *Cours de gestion de projets (Résumé)*. Master Biodiversité et environnement, Niveau : 2ème Année (3ème Semestre), Département Eau, Environnement et Développement Durable, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université Hadj Lakhdar Batna.
12. Collet, P. (2013). *Gestion de projets : Analyse des besoins et génie logiciel*. Licence 3 MIAGE.