






## Open Archive Toulouse Archive Ouverte

OATAO is an open access repository that collects the work of Toulouse researchers and makes it freely available over the web where possible

This is an author's version published in: <http://oatao.univ-toulouse.fr/20915>

### To cite this version:

Khalid, Rameez  and Duquenne, Philippe  and Haït, Alain  *Suivi des projets à charges transférables : méthode de prévision et d'optimisation de la durée.* (2009) In: 8ème Congrès International de Génie Industriel, 10 June 2009 - 10 June 2009 (Bagnères de Bigorre, France). (Unpublished)

Any correspondence concerning this service should be sent to the repository administrator: [tech-oatao@listes-diff.inp-toulouse.fr](mailto:tech-oatao@listes-diff.inp-toulouse.fr)

# Suivi des projets à charges transférables : Méthode de prévision et d'optimisation de la durée

RAMEEZ KHALID<sup>1</sup>, PHILIPPE DUQUENNE<sup>1</sup>, ALAIN HAIT<sup>2</sup>

<sup>1</sup>LGC - PSI - Génie Industriel, INPT-ENSIACET, Université de Toulouse  
118 Route de Narbonne, 31077 Toulouse cedex 4, France

[Rameez.Khalid@ensiacet.fr](mailto:Rameez.Khalid@ensiacet.fr),  
[Philippe.Duquenne@ensiacet.fr](mailto:Philippe.Duquenne@ensiacet.fr)

<sup>2</sup>Institut Supérieur de l'Aéronautique et de l'Espace DMIA, Université de Toulouse  
Toulouse, France

[Alain.Hait@isae.fr](mailto:Alain.Hait@isae.fr)

---

**Résumé** - Dans les grands projets, il est souvent difficile de mesurer les progrès accomplis en raison de la complexité, parce que la réalisation est partagée entre des départements d'une entreprise voire entre des entreprises disséminées de par le monde. La littérature en gestion de projet et en recherche opérationnelle est examinée pour inventorier les différentes techniques applicables. Les outils largement utilisés pour le suivi et la prévision, comme la valeur acquise, graphiques de tendance, ingénierie concourante, peuvent être employés. Cet article se base sur un problème lié à l'industrie pharmaceutique où l'efficacité d'un traitement médical est examinée sur des patients répartis dans un certain nombre de pays. Le nombre des variables impliquées augmente la complexité de ce problème. L'objectif principal est d'étudier l'efficacité d'une solution pour différentes situations d'avancement dans le cadre du projet, de façon à réduire la durée du projet pour un coût acceptable. Nos résultats suggèrent que la possibilité de réaffectation des patients entre pays produit de meilleurs résultats.

**Abstract** - In large projects measuring progress is always difficult due to the complexities involved, because the realization is shared among departments of a firm or even between firms disseminated all over the world. Project management and operations research literature is reviewed for discovering various techniques applicable. Widely used tools for progress measurement and forecasting, such as Earned Value Analysis, Progress Plot, Milestone and Resource slip charts, concurrent engineering, can be employed. This paper is based on a problem of pharmaceutical industry where the effectiveness of a certain medical treatment is examined on patients in a number of countries. The number of variables involved increase the complexity of this problem. The main objective is to analyze the effectiveness of a solution in different situations during the project such that a better project duration and a lower cost can be achieved. Our findings suggest that reallocation of patients among countries produces better results in terms of progress.

**Mots clés** - Prévisions, grands projets, mesure de l'avancement, gestion de projet, projet pharmaceutique.

**Keywords** - Forecasting, large projects, progress measurement, project management, pharmaceutical project.

---

## 1 INTRODUCTION

Dans les projets complexes, il est souvent difficile de mesurer les progrès accomplis. Les projets à charges transférables sont des projets dans lesquels l'exécution de certains lots de travaux peut être indifféremment confiée à plus d'une entité; ces entités peuvent être des départements distincts dans une même entreprise, ou quelques partenaires dans différentes régions du monde. Chaque projet est unique à un certain niveau, qui exige des méthodes spécifiques pour résoudre ses problèmes. Les références de la gestion de projet, telles que l'IPMA, le PMI, et l'APM, sont de nature générale, c'est-à-dire qu'elles apportent une définition générale des processus de gestion de projet. Il y a un grand besoin pour la recherche de développer des compétences, méthodes, outils et techniques pour comprendre et gérer les différents processus de grands projets.

Ce travail présente la mise en œuvre d'une méthode pour réduire la durée du projet avec l'aide de la mesure des progrès et de la redistribution du travail restant à faire. L'objectif global est de répondre aux questions suivantes: *Comment gérer efficacement des grands projets? Quels sont les outils*

*qui nous aident dans leur gestion? Comment mesurer les progrès accomplis dans cet environnement? Et comment replanifier et prévoir en exploitant au mieux l'avancement constaté?*

## 2 CONTEXTE

La Gestion des grands projets devient une tâche difficile si l'attention n'est pas accordée aux diverses variables dans les différents processus du cycle de vie du projet. Comme décrit dans le PM-BoK (Project Management Institute, 2004), la gestion de projet est effectuée via cinq processus : lancement du projet, planification, exécution, suivi et contrôle, et enfin la clôture. Dans cette section, la littérature concernant la gestion de projet est explorée pour présenter les approches qui peuvent être appliquées à ces projets.

### 2.1 Grands projets à charges transférables :

Les projets sont réputés « grands » par égard au nombre de décisions à prendre, de tâches à traiter, de participants à coordonner, au coût important, à la quantité et la diversité des informations à traiter, et aux risques; d'une manière générale,

on considérera (ce qui est presque systématique) que la réalisation de ces grands projets fait intervenir des ressources très dissemblables sur des points aussi variés que leurs modes de fonctionnement, les cultures, les calendriers ... voire les langues pratiquées et les réglementations du travail.

On a vu d'autre part que les projets à charge transférables sont tels que toute ou partie de leur charge de travail peut être affectée à des partenaires différents, selon des considérations de disponibilité, d'efficacité, de coût ... Il en résulte qu'après la planification initiale, une fois que le projet a entamé sa phase d'exécution / contrôle, une analyse des progrès accomplis ici et là peut autoriser une redistribution du travail en cours de route, pour décharger les ressources les plus lentes, les moins disponibles ou qui rencontrent des difficultés ponctuelles, par un transfert de certaines quantités de travaux vers d'autres ressources présentant moins de risques de retard. Dans les grands projets, les problèmes peuvent venir des différences de cultures (organisationnelle ou opérationnelle), de stratégies, des relations d'antécédence entre travaux, et peut être des horaires, pour en nommer quelques uns, entre les différents partenaires. Pour la présentation du fondement théorique de ces effets, une évaluation intéressante est présentée dans (van Fenema et Kumar, 2000), de l'influence de l'environnement, de la coordination et du contrôle de l'exécution sur la bonne marche d'un projet.

La performance dans cet environnement dépend du travail, de l'adaptabilité et de la flexibilité des partenaires, lorsque les objectifs sont bien définis, mais il existe de nombreux facteurs (comme par exemple la partition du travail - ou Division of Work, DoW) qui peuvent ne pas être entièrement définis ou figés au tout début du projet. Egginton (Egginton, 1996) traite de certains des problèmes principaux rencontrés par les projets de nature multinationale ou multi entreprises, et propose des mesures efficaces pour les traiter. Bachy et Hameri (Bachy et Hameri, 1997) discutent de l'importance de la création d'un véritable plan de gestion du projet, mis en œuvre dans les toutes premières étapes d'un grand projet, et qui définit les bases du contrôle des coûts et du calendrier via l'organigramme des tâches (O.T. ou WBS) pour un projet de R & D.

## 2.2 Organisation du projet :

Différentes entreprises, pour devenir compétitives vis-à-vis de leurs concurrents, emploient les techniques de l'ingénierie simultanée (ou concurrent engineering, CE) ou de ou la conception pour la fabrication et le montage (Design for Manufacturing and Assembly, DFMA), différents noms et domaines d'application (ces domaines étant respectivement le projet et la conception du produit) pour la même idée. L'ingénierie simultanée est un effort d'intégration de tous les aspects de développement du produit, visant à effectuer en parallèle des activités logiquement vues comme séquentielles (Sprague et al., 1991). Fournisseurs et clients peuvent également être intégrés comme partenaires pour la réalisation d'un tel projet, et travaillent donc tous ensemble pour le même objectif. Cette approche s'avère efficace pour l'organisation et la gestion de grands projets (Zhang et Zhang, 1995).

A ce sujet, (Probert, 1997) définit à juste titre la gestion de projet comme une sorte de guérilla, dans laquelle une équipe multi qualifiée et bien équipée est essentielle pour une meilleure organisation. Quatre principes fondamentaux de l'ingénierie simultanée peuvent être selon (Smith, 1997): 1. La conception pour la fabrication (Design for Manufacturing DFM), 2. la mise en place d'équipes pluridisciplinaires; 3.

l'implication du client dans la conception, et 4. la priorité donnée au temps de mise sur le marché.

## 2.3 Planification du projet:

Kerzner (Kerzner, 1998) définit que la planification est la mise en place d'un plan prédéterminé dans un environnement prévu. Il s'agit d'un processus itératif fait pour réduire les risques, obtenir une meilleure compréhension des objectifs du projet et un meilleur suivi. La planification peut être stratégique, opérationnelle et tactique en fonction de la durée. Avant la phase de planification, le projet a déjà passé avec succès des analyses de la faisabilité technique et économique (« benefit to cost analysis », (Kerzner, 1998)). La planification nécessite de disposer du cahier des charges du projet, de la partition des travaux (organigramme des tâches, O.T., ou Work Breakdown Structure, WBS), de la description détaillée de ces travaux (Fiches descriptives de travaux ou statement of work, SoW), ainsi que d'un jalonnement ou pré-ordonnement (Kerzner, 1998).

Wysocky et McGary (Wysocky et McGary, 2003) définissent l'O.T. comme la décomposition hiérarchique ou de type arborescent du travail, associés aux exigences et services nécessaires à la réalisation des objectifs du projet. Après la création de l'O.T., l'élaboration d'un réseau logique, traduisant la logique d'exécution des travaux, se fait au moyen de méthodes telles que PERT (Program Evaluation and Review Technique) ou CPM (Critical Path Method). Ces méthodes fournissent également le programme d'implication des différentes ressources (plans de charge). La création d'un budget (et ses déclinaisons en échéanciers sur différentes échelles de temps) est la dernière étape de la planification du projet, autorisant après validation le passage à la phase d'exécution. PERT comme CPM sont les principaux systèmes de planification pour les grands projets, mais ils estiment qu'en marge des relations de dépendance entre tâches, les activités sont indépendantes les unes des autres ce qui est rarement vérifié dans le monde réel (Hardie, 2001).

Il est aussi toujours préférable d'intégrer des risques dans la définition, la mission et finalement dans les plans de projet. Le premier étape dans le fait d'éviter l'échec doit choisir un projet après le fait d'enquêter tout à fait sur ses pros et contra c'est-à-dire le fait d'intégrer l'analyse de risque et la gestion de risque avec la gestion de projet. Le projet sera alors choisi ou sera accepté avec quelques changements après le fait d'adapter pour les risques impliqués ou sera rejeté. Bougaret (Bougaret, 2002) présente un processus de valorisation intéressant d'un projet dans un portefeuille, en tenant compte des incertitudes et des risques impliqués; ce travail propose un modèle qui est appliqué sur un projet de R&D pharmaceutique pour réduire les incertitudes dans le développement de médicament et indique la valeur du projet en utilisant de nouvelles informations à chaque étape, en ajoutant ainsi la flexibilité au processus de valorisation.

## 2.4 Suivi et Contrôle du projet:

Dans cette section, nous allons discuter des méthodes de mesure de la progression du travail, qui évalueront également la précision de la planification. Dans la théorie du management par la valeur acquise (Earned Value Management, EVM), la mesure d'écart à date est utilisée pour des estimations du coût ou de la durée à l'achèvement du projet (Kerzner, 1998). Il est également nécessaire pour un meilleur contrôle d'éviter la fatigabilité "règle des 90%" (Probert, 1997), règle empirique qui veut que dans un projet,

tout (calendrièrement comme budgétairement) se déroule conformément à la planification jusqu'à 90% d'avancement, mais qu'au-delà, la progression du travail s'essouffle alors qu'en revanche l'engagement des ressources comme les dépenses continuent au même rythme.

Comme la probabilité d'achever un projet dans la durée planifiée ne se lit pas sur un réseau logique ni sur un diagramme de Gantt, Schmidt (Schmidt, 1988) propose la méthode du « Progress Plot » (on peut proposer « tracé de la progression » en français), dans laquelle l'abscisse représente le temps et l'axe vertical représente le progrès en pourcentage du chemin critique ; des lignes de contrôle sont tracées, qui permettent d'illustrer la probabilité de réalisation dans le temps (Schmidt, 1988).

Les conséquences de dérapages calendaires peuvent être visualisées par des graphiques de tendance (« Milestone Slip Chart », selon Elphick (Elphick, 1992)), qui représentent l'évolutions des dates prévues d'un certain nombre d'événement au fur et à mesure du déroulement des travaux.

Parfois, en cas de problème il est nécessaire de redéfinir une activité en cours de réalisation, ou de reprendre des travaux à partir d'un stade d'avancement plus précoce. Si ces boucles deviennent fréquentes, en raison de la nature complexe des grands projets, la mesure de l'avancement peut devenir délicate, et l'estimation du reste-à-faire reposera sur des approches probabilistes, telles que définies dans (Hardie, 2001) où l'analyse Markovienne est effectuée pour développer les systèmes de planification et de suivi / contrôle les plus judicieux.

Divers indicateurs de performance spécifiques à un projet peuvent aussi aider un gestionnaire à en évaluer la performance à tout moment de son cycle de vie. Pillai et al. (Pillai et al., 2002) proposent un modèle d'évaluation des performances des projets de R & D, et Clemens et al. (Lohman et al., 2004) développent une étude de cas intéressante réalisée au département du Nike European Operations pour la création d'un système de gestion des performances (PMS, Performance Management System). Pour les projets à charges transférables, une des mesures de performance est également discutée dans (Bourgault et al., 2002) sur la base de trois dimensions, décrivant les mesures valables pour tous les contributeurs, intégrées dans un tableau de bord « Balanced Scorecard ».

### 2.5 Prévission:

La prévission est un processus difficile pour tenter d'apprécier ce qui va se passer pendant un certain temps. Pour prévoir l'avenir précisément, une connaissance précise du système et de son environnement est indispensable c'est-à-dire les forces et les faiblesses de la gestion, de la R & D, de la production, du financement, des ressources humaines et du marketing (Kerzner, 1998). Et dans les grands projets, il est évidemment difficile de ré-estimer avec précision, du fait du grand nombre de variables traitées.

Le pilotage par la valeur acquise (ou earned value management, EVM) est un système d'alerte qui aide à la détection de problèmes dans la progression du projet, et permet aux responsables de prendre des mesures correctives avant que le projet devienne hors de contrôle. Il aide à la détermination du coût prévisionnel (CP ou « estimate at completion », EAC) et de la durée prévue (DP ou « estimate duration at completion », EDAC) : un calendrier du reste-à-faire comme un échancier des coûts à venir peuvent être élaborés (Jacob, 2003). Il est sage d'envisager de multiples

ensemble de données de prévission et d'examiner les hypothèses sous-tendant ces prévissions, parce que les professionnels sont généralement trop optimistes (Kerzner, 1998). La littérature est peu proluxe sur ce processus.

### 2.6 Développement de médicament:

Le développement de médicament est un processus complexe comprenant d'un certain nombre des étapes séquencé, avec chaque étape ayant la différente durée, le prix, risques impliqués et exigences de ressources. Il a un aspect technique aussi bien qu'un aspect en gestion, en impliquant plusieurs domaines scientifiques s'intégrant pour le but unique de produire un nouveau médicament.

Les sociétés pharmaceutiques commencent le processus de développement de médicament par un effort de compréhension d'une maladie. L'avancement dans la science et la technologie joue un rôle essentiel dans cet effort, comme les scientifiques gagnent progressivement la connaissance de génomique, pharmacogénétique et de protéomique, car il est maintenant découvert que beaucoup de maladies peuvent être reliés à la génétique après le « sequencing » de génome humain en 2001 (ABPI, October 2005). Pour le développement de médicament réussi il y a une exigence des meilleurs esprits de l'industrie, l'énorme quantité de ressources, l'état de la technologie d'art et de la gestion efficace de projet. Le développement de médicament prend environ 10-15 ans et coûte en moyenne de \$800 millions à \$1 milliard (innovation.org, February 2007). Innovation.org a discuté dans le grand détail chaque pas de développement de médicament.

Il a un environnement hautement régulé, avec la plupart des régions dans le monde définissant leurs normes et règlements pour les sociétés pharmaceutiques régionales pour suivre pour le développement et ensuite le marketing de leurs produits. Aux Etats-Unis c'est le FDA (Food and Drug Association) qui régule le processus de développement de médicament, pendant que c'est le MHRA (Medicines and Healthcare products Regulation Agency) au Royaume-Uni et l'EMA (European Medicines Evaluation Agency) en Europe. Cet environnement de contrôle a un effet significatif sur la durée de développement de médicament totale, les risques et les opportunités du marketing (Gassmann et al., 2008).

## 3 LE PROBLEME

Le problème que nous visons à résoudre est lié à l'industrie pharmaceutique, et concerne la détermination de l'efficacité d'un certain traitement (phase des tests cliniques). Un nombre total de patients à traiter est réparti entre un certain nombre d'établissements (hôpitaux, cliniques, cabinets médicaux, ...) distribués dans différents pays, en fonction de leur population, de la capacité de traitement et des compétences présentes. Ce nombre de patients requis pour être traités en même temps (pour des raisons de délais de l'étude), ainsi que les contraintes de temps et de budget disponibles posent un problème d'autant plus attractif qu'un certain nombre de variables et d'hypothèses interconnectées y apportent une combinatoire intéressante.

Sur un patient donné, l'étude comporte deux étapes : son recrutement, suivi du traitement. La planification de la phase du recrutement prévu est générée par l'expérience et les études précédentes, sous la forme d'un échancier mensuel de patients recrutés. Le traitement proprement dit comporte ensuite trois phases successives, chacune d'elles, caractérisée par une posologie et des analyses spécifiques, est caractérisée

par une durée (exprimée en mois), et un coût défini – correspondant ici à des rémunérations du patient aux fins de phases. Les établissements dans chaque pays sont rémunérés à chaque mise à jour (ces mises – à – jour sont mensuelles) en fonction des phases de traitement achevées par chaque patient : à partir d'un échéancier de recrutement, on peut alors déterminer le budget. Lorsque processus de planification est terminé et que la phase de réalisation commence, les données sur les recrutements effectués par chaque partenaire sont alors collectées.

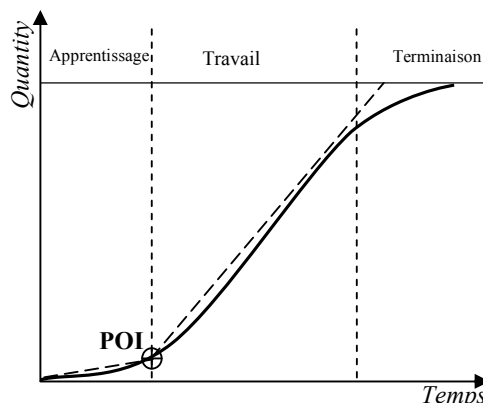
Plusieurs cas de figure sont alors possibles : on peut constater que certains partenaires avancent plus vite que prévu. Accidentellement, certains peuvent fonctionner de manière conforme à ce qui était planifié. D'autres au contraire peuvent prendre du retard par rapport à l'échéancier de recrutement, retard qui se répercute sur l'ensemble du projet puisqu'on attend la fin de tous les tests chez tous les partenaires pour valider l'ensemble de l'étude clinique. L'objectif de cet article est d'étudier comment le système dans son ensemble peut répondre à des situations différentes et chercher à optimiser la durée du projet (ou minimiser son retard...), par redistribution du travail en cours de route entre les différents partenaires.

### 3.1 Planification et budget :

On distingue traditionnellement trois périodes dans l'exécution d'un projet, visibles graphiquement sur les courbes en « S » : l'apprentissage, le travail et l'achèvement (courbe en « S » montrée en trait plein sur la figure 1). En période d'apprentissage, le travail est lent parce que la connaissance est faible, une partie de l'énergie disponible est consacrée à la préparation du travail à faire (ou par exemple, dans le cas qui nous intéresse, à des efforts de communications qui ne porteront des résultats tangibles que plus tard). Mais avec le temps, l'expérience et l'efficacité sont acquises : on passe alors progressivement à un fonctionnement « en régime permanent » qui permet d'observer une progression régulière du travail en fonction du temps. La terminaison est une période de décélération dans laquelle le travail est ralenti pour achever les travaux dans le temps restant ; certains interprètent cela comme « la loi de Parkinson », qui veut que le travail se développe pour remplir le temps disponible, variante temporelle du célèbre « La nature a horreur du vide » (Patrick, 1999). Moins empiriquement, on peut considérer que ce ralentissement final, dans une activité récurrente telle que celle qui nous intéresse, résulte de l'interruption des efforts de communication et d'information, lorsque le quota de patients à recruter est bientôt atteint : ces efforts étant coûteux, en temps et/ou en argent, ils sont allégés dès lors que le résultat est certainement acquis.

Pour ce qui concerne notre étude, nous considérerons que les deux premières phases se représentent par des croissances linéaires (portions de droites en pointillés sur la figure 1), le passage à la phase d'apprentissage à celle de travail en régime permanent étant juste caractérisé par un changement de rythme.

On peut voir sur le même graphique que la phase de terminaison n'apparaît pas dans notre étude, et que la droite pointillée figurant le fonctionnement en régime permanent se poursuit jusqu'à l'atteinte du nombre total de patients, sans traduire de ralentissement final : ce phénomène, confirmé par des données réelles de tests cliniques, traduit la présence accordée en milieu pharmaceutique à la rapidité d'exécution sur le coût de l'étude.



**Figure 1. Courbes en S classiques (traits pleins) et pour notre modèle (lignes en pointillés)**

Le rythme maximal est ainsi maintenu jusqu'à l'achèvement, sans chercher à économiser sur les efforts en amont de chaque recrutement.

Le point où la période d'apprentissage de recrutement se termine et où débute la période dite « de travail » est désigné comme le point d'inflexion (« point of inflexion », POI).

Comme première variable de notre problème, le POI peut prendre deux valeurs résultant de deux significations différentes. Caractérisant la fin d'une phase d'apprentissage, à l'issue de laquelle certains mécanismes sont acquis et permettent de travailler de manière « nominale », la question se pose de savoir si ce mécanisme d'apprentissage et de maîtrise du travail est lié à une durée d'assimilation d'automatismes ou bien plutôt à une accumulation d'une expérience : dans le premier cas, le POI sera caractérisé par un délai écoulé depuis le démarrage des opérations de recrutement, et dans le second par un nombre de patients recrutés.

Ce point a une grande importance pour la planification initiale, lorsqu'il s'agira d'exploiter des expériences passées : à partir de ces expériences, le passage entre les deux phases sera programmé en fonction d'une durée attendue ou bien d'un nombre de volontaires recrutés. De même, lors du suivi du projet, les choses se passant rarement comme planifié, on guettera le point d'inflexion à l'approche d'une date pré-supposée, ou plutôt à partir d'un certain nombre de patients.

Dans cet article, le POI est considéré comme correspondant à une durée pré spécifiée. La vitesse de recrutement (pour l'apprentissage et le période de travail,  $d_1$  et  $d_2$  respectivement) est la deuxième variable : ça ressemble à deux variables, mais nous verrons par la suite qu'elles ne sont pas indépendantes.

Par expérience, on sait qu'un certain nombre de patients, exprimé par un pourcentage des volontaires recrutés, vont quitter le système avant la fin du traitement (désintérêt, méfiance, déménagements, décès ...), ce qui ajoute une autre variable.

### 3.2 Budget

On a vu que le traitement se décomposait en trois phases successives ; des rémunérations sont prévues pour chacun des patients, à chaque achèvement de phase (figure2). Le budget cherche à anticiper sur les sommes qui seront versées à chacun des partenaires pour chaque mise-à-jour pendant la durée du projet.

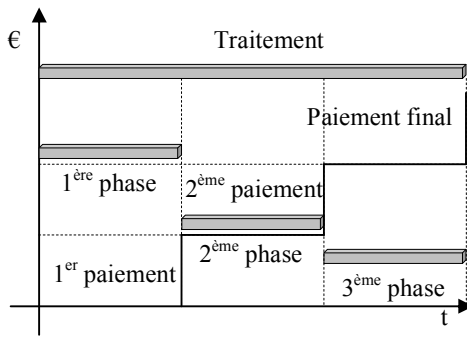


Figure 2. Phases du traitement et paiements associés

Pour générer le budget, les données suivantes sont produites pour chaque patient : une date de recrutement (Rd) conforme au rythme prévu (figure 1), une durée (D) et une date de fin de traitement (Qd). Rd est généré aléatoirement conformément au planning. Pour la plupart des patients, D est fixée à la durée totale du traitement ; pour un pourcentage d'entre eux dont on prévoit qu'ils disparaîtront en cours de route, D est choisi aléatoirement entre 0 et cette durée totale. Pour chaque patient, la date de sortie est ensuite calculée : Qd = Rd + D. Pour chaque partenaire, on peut ainsi estimer les sommes qui lui seront versées à chaque mise-à-jour, en fonction du nombre de patients qui auront validé différentes phases du traitement.

### 3.3 Suivi et Contrôle:

Lorsque commence la phase d'exécution, les données des recrutements réels sont collectées d'une mise-à-jour à l'autre ; elles peuvent faire apparaître, partenaire par partenaire, des performances variables par rapport aux résultats prévus, mesurées soit par le rythme réel de progression des recrutements, soit, détectées à plus long terme, en fonction du taux de « disparition » des patients avant la fin de leur traitement. Le gestionnaire doit décider à chaque mise à jour, quelles actions de contrôle sont indispensables pour maintenir le projet dans la durée prévue.

Il y a deux approches à ce problème: sans et avec redistribution du travail restant. Sans redistribution, la durée totale du projet sera la durée maximale de l'ensemble du processus chez tous les partenaires. Si  $T_{fj}$  est la date de fin planifiée pour le partenaire j, et  $T_{fj}'$  sa date de fin prévue la durée totale prévue du projet sans réaffectation sera :

$$T_f' = \max_j \{ T_{fj}' \}$$

Avec réaffectation du travail restant, la durée du projet sera optimisée en redistribuant le nombre de patients restant à recruter, des partenaires qui avancent le moins vite vers ceux qui sont les plus performants, de manière à ce qu'ils finissent ensemble.

La programmation linéaire est utilisée pour cette réaffectation avec comme objectif la minimisation de la durée totale ré-estimée du projet. Le nombre des patients restant à recruter et la durée restante seront considérés comme variables. La contrainte reste le nombre total de patients à traiter.

Pour les déterminations du POI et du taux de recrutement dans la période de travail, une hypothèse linéaire est utilisée, qui est une relation entre l'état réel et prévu du projet.

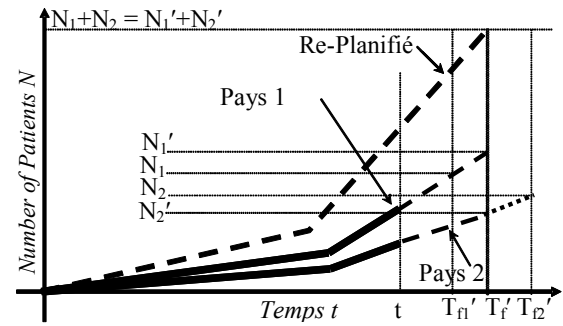


Figure 3. Redistribution du travail avec deux partenaires

Elle est liée à la notion d'indice de performance en délai «  $I_d$  » (SPI - schedule performance index), et est basée sur la linéarité de l'apprentissage et le période de travail des courbes « réel » et « prévu », montré sur la figure 3. Ici la fin de la période d'apprentissage prévue est représentée par " $I_j$ " et d'apprentissage réel par étape " $I_{Rj}$ " (j est l'indice du partenaire, omis pour des raisons de simplicité):

$$I_d = \frac{I_R}{I} = \frac{d_{R1}}{d_1} = \frac{d_{R2}}{d_2}$$

où,

Indice de performance en délai =  $I_d$

Durée planifiée de la période d'apprentissage = I

Durée réelle de la période d'apprentissage =  $I_R$

Vitesse de recrutement planifiée (apprentissage) =  $d_1$

Vitesse de recrutement planifiée (travail) =  $d_2$

Vitesse de recrutement réelle (apprentissage) =  $d_{R1}$

Vitesse de recrutement réelle (travail) =  $d_{R2}$

L'exemple de performances pour deux partenaires est montré sur la figure 3, qui en représente un travaillant plus vite que prévu, et l'autre plus lentement. Lors d'une mise à jour "t", la re-planification se fait avec l'aide de redistribution, de sorte que le reste des travaux est partagé et la durée définitive du projet est modifiée de  $T_f$  à  $T_f'$ . Les partenaires 1 et 2 terminent leurs recrutements à la date  $T_f'$  au lieu de  $T_{f1}'$  et  $T_{f2}'$  respectivement, avec  $N_1'$  et  $N_2'$  patients à recruter respectivement. La ligne pointillée indique la re-planification pour l'ensemble des deux partenaires. Si " $D_{ic}$ " est la durée moyenne restant pour la réalisation du projet, puis  $T_f'$  pour la réaffectation ou redistribution peut être définie comme:

$$T_f' = t + D_{ic}$$

Où  $D_{ic} = (\text{Patients total restant}) / (\text{Somme des } d_{R2})$

Au fur et à mesure que les données du recrutement réel sont connues, le coût prévisionnel est calculé en suivant la procédure définie précédemment pour l'estimation du budget. Si la réaffectation a été utilisée, un coût de transfert du travail restant peut être pris en compte (lié aux efforts de négociations, aux frais administratifs de négociations d'avenants aux contrats initiaux, ...), qui pourrait être considéré comme une extension à ce problème. Une autre possibilité peut être d'ajouter un nouveau partenaire pour accélérer le processus global. Mais il faut garder à l'esprit que ce nouveau partenaire sera initialement dans sa période d'apprentissage, ce qui peut nuire à l'efficacité de cette

solution. De même, pour ce transfert, des frais supplémentaires peuvent également être applicables.

### 3.4 Simulation et Résultats:

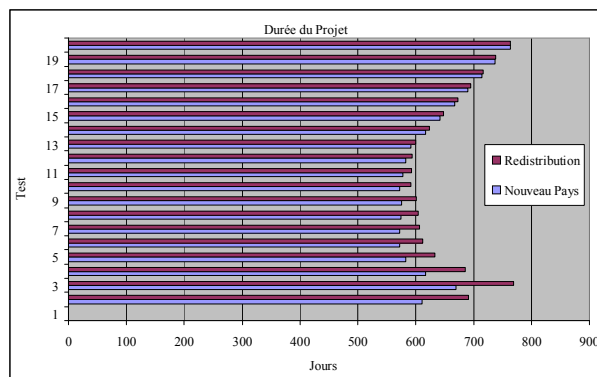
Le programme de résolution est construit dans Microsoft Excel avec programmation en Visual Basic Applications. Ce problème, grâce à la présence d'un certain nombre de variables, offre un aperçu intéressant pour piloter les projets à charges transférables avec un accent mis sur l'élaboration d'une procédure standard pour la définition des variables ou des indicateurs de performance qui, si ils sont correctement définis et suivis avec vigilance peuvent améliorer les résultats. Un certain nombre d'instances de ce problème ont été créées en modifiant les valeurs des variables de sorte que les résultats peuvent être recueillis pour un certain nombre de situations. Pour chaque situation, de premiers résultats sont collectés sans réaffectation, puis la réaffectation est appliquée à la même situation, de sorte que la comparaison est réalisable. Le tableau 1 montre les résultats de deux instances, où 10 000 patients sont répartis entre 5 partenaires dans des pays différents. Dans le premier exemple (ligne supérieure), les pays 1 et 3 recrutent respectivement à 90% et 75% du rythme planifié, tandis que les autres pays travaillent comme prévu (c'est-à-dire 100%). La durée planifiée du projet était de 547 jours, mais sans réaffectation, il faudra 730 jours pour le mener à son terme. Si on a recours à la réaffectation, la durée prévue est ramenée à 669 jours. Avec la même description pour l'exemple suivant (dernière ligne du tableau 1 : les pays 2, 4 et 5 « fonctionnent » respectivement à 110%, 120% et 70% des performances prévues, les autres étant « nominaux »), il n'est pas surprenant de constater à partir des résultats du tableau 1 que la réaffectation permet l'optimisation de la durée du projet dans un environnement partagé.

**Tableau 1. Résultats de deux instances du problème**

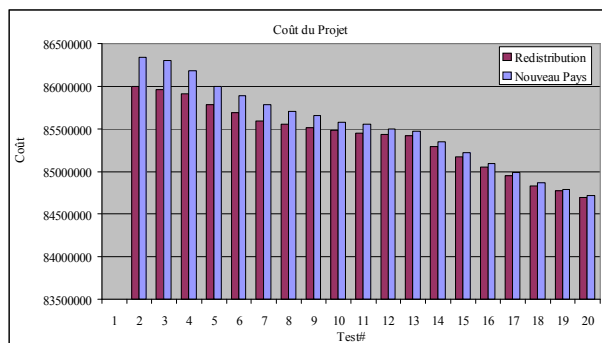
Performance de	Sans-Réallocation	Avec Réallocation	Durée Planifiée
Pays 1 et 3: 90% et 75%	Durée: 730 jours	Durée: 669 jours	547 jours
Pays 2, 4 et 5: 110, 120 et 70%	Durée: 1551 jours	Durée: 539 jours	

Il est également intéressant de savoir quand utiliser la réaffectation pour obtenir les meilleurs résultats. Pour cela, la réaffectation est appliquée dès la 1<sup>ère</sup> mise à jour après le POI et les résultats sont relevés ; puis on recommence du début du projet avec les mêmes données, en appliquant cette fois la redistribution sur la 2<sup>ème</sup> mise à jour après le POI, et ainsi de suite. Les frais de transfert sont également ajoutés pour le nombre de patients transférés.

En termes de durées (résultats en mauve, figure 4), on constate que l'efficacité optimale de la réaffectation du travail restant se situe dans le premier tiers de la phase d'exécution du projet ; assez logiquement, plus on se rapproche de la fin du travail, plus les retards accumulés s'avèrent irréversibles : les apports de la redistribution sont alors marginaux.



**Figure 4. Comparaison de la Durée du projet**



**Figure 5. Comparaison du Coût du projet**

Pour ce qui est des coûts (en mauve, figure 5), nous n'avons pas pris en compte de pénalités de retard : le coût final du projet comporte donc les rémunérations versées aux partenaires au fur et à mesure de la progression du traitement chez les patients, auxquels s'ajoutent les coûts de réallocation du travail ; ce surcoût étant proportionnel au nombre de patients transférés d'un partenaire à l'autre, il décroît à mesure que le travail progresse.

La détermination d'un optimum entre la durée (pour laquelle on a intérêt à anticiper les réaffectations) et le coût (pour lequel moins on redistribue, plus c'est économique) appartiendra à l'entreprise responsable du développement clinique : cette détermination pourra s'appuyer sur la prise en compte (même fictive) de pénalités de retard.

Une autre situation a également été examinée, où un nouveau partenaire est ajouté pour partager la charge de traiter les patients. Nous nous sommes là aussi intéressés à déterminer à quel moment de l'exécution du projet il est préférable de prendre cette décision d'ajouter ce nouveau partenaire.

Pour ce faire, nous avons repris le même processus que précédemment, avec le même scénario : la redistribution est appliquée sur la 1<sup>ère</sup> mise à jour après le POI, puis sur la 2<sup>ème</sup> mise à jour, et ainsi de suite.

Les résultats de cette comparaison sont présentés en bleu sur les figures 4 et 5, qui montrent que si un nouveau pays est ajouté dès qu'on se rend compte qu'il y aura un retard dans le projet, il peut optimiser la durée du projet, mais à un coût élevé, comme indiqué dans la Figure 5. Comme précédemment, ajouter un nouveau partenaire dans le système lors des étapes ultérieures du projet n'est pas avantageux car il ne peut qu'augmenter le coût du projet sans apporter une diminution sensible de sa durée.

## 4 CONCLUSIONS

L'objectif fondamental de ce problème était de savoir quelle est la meilleure solution en termes de redistribution de la charge de travail restante entre différents partenaires d'un projet, lorsqu'on constate que tous ne se comportent pas tout-à-fait comme prévu.

Cette redistribution correspondant à un transfert de charge des partenaires les moins performants vers les plus rapides, la question était de savoir à quel moment cette redistribution doit avoir lieu.

Pour ce qui concerne les délais, l'étude montre l'intérêt qu'il y a à procéder assez rapidement à ce transfert. Nous avons délibérément choisi dans notre modélisation d'attendre le passage du point d'inflexion POI pour nous livrer à des estimations du reste-à-faire.

La figure 3 illustre bien le fait que la fiabilité des estimations n'est pas idéale lors des premières mises-à-jour après ce point d'inflexion ; cette fiabilité s'améliore ensuite, au fur et à mesure que les retards constatés chez certains partenaires deviennent malheureusement irréversibles et difficiles à rattraper par des transferts de charge. Du seul point de vue du délai (et en faisant l'hypothèse, à la fois plausible et restrictive, que l'on ne se livrera en cours de projet qu'à un seul transfert de charges entre partenaires), on met ici en évidence le besoin d'une recherche de compromis entre la fiabilité des prévisions à achèvement et le caractère irréversible des retards accumulés.

Cela dit, l'hypothèse de la réaffectation unique du travail mérite d'être discutée : pour des raisons d'organisation, de coût et de simplification, il est évident que les occasions de procéder à ces réallocations en cours de route seront en nombre limité ; rien n'exclut cependant qu'on puisse envisager deux ou trois – surtout si le fonctionnement de certains partenaires s'avère particulièrement décevant.

Du point de vue des coûts, l'hypothèse que nous avons prise d'un coût de réallocation proportionnel au nombre de patients « transférés » là aussi pénalise nos résultats : il devient, du strict aspect économique, plus intéressant de procéder au transfert le plus tard possible, lorsque le nombre de patients restant à recruter (et donc l'ampleur des transferts) est réduit : ce point de vue est biaisé à partir du moment où on ne pénalise pas économiquement les retards subis de part et d'autre, ou sur l'ensemble du projet : nous n'avons pas émis ce genre d'hypothèse faute de données tangibles (même en ordre de grandeur) sur l'impact économique direct d'un retard sur cette phase de test dans un projet pharmaceutique.

Ce travail n'en met pas moins en évidence le besoin de rechercher une optimisation (ou au moins un compromis) entre d'une part la date idéale pour procéder à un transfert de charges : l'attente de prévisions fiables qui met en danger la capacité future de rattraper des retards. Dans un second temps, l'étude du nombre idéal de ces transferts si on ne les limite pas à un, mais tout en continuant à considérer que ces transferts représentent un coût non négligeable ...

La suite de nos travaux portera sur l'étude de ces compromis.

## 5 REMERCIEMENT

Les auteurs remercient HEC (Higher Education Commission) Pakistan, SFERE France et INPT France pour leur soutien.

## 6 REFERENCES

- Project Management Institute. (2004) *A guide to the project management body of knowledge: PMBoK Guide* (3rd ed.). Newtown Square, PA: Project Management Institute.
- van Fenema, P. C., Kumar, K., (2000) Coupling, interdependence and control in global projects. In R. A. Lundin & F. Hartman (Eds.), *Projects as Business Constituents and Guiding Motives*. Boston, MA: Kluwer Academic Publishers.
- Egginton, B., (1996) Multi-national consortium based projects: Improving the process. *International Journal of Project Management*, 14(3), pp. 169-172.
- Bachy, G., Hameri, A.-P., (1997) What to be implemented at the early stage of a large-scale project. *International Journal of Project Management*, 15(4), pp. 211-218
- Sprague, R. A., Singh, K. J., Wood, R. T., (1991) Concurrent engineering in product development. *IEEE Design & Test of Computers*.
- Zhang, H. C., Zhang, D., (1995) Concurrent engineering: an overview from manufacturing engineering perspectives. *Concurrent Engineering: Research and Applications* 3, pp. 221-236.
- Probert, G., (1997) Projects, people and practices. *Engineering Management Journal* pp. 141-146.
- Smith, R. P., (1997) The historical roots of concurrent engineering fundamentals. *IEEE Transaction on Engineering Management*, 44(1).
- Kerzner, H., (1998) *Project management – a systems approach to planning scheduling and controlling* (8th ed.). New York: John Wiley.
- Wysocki, R., McGary, R., (2003) *Effective project management* (3rd ed.). New York: John Wiley.
- Hardie, N., (2001) The prediction and control of project duration: A recursive model. *International Journal of Project Management*, 19, pp. 401-409.
- Bougaret, S., (2002) *Prise en compte de l'incertitude dans la valorisation des projets de recherche et développement: la valeur de l'information nouvelle*. L'Institut National Polytechnique de Toulouse, Toulouse.
- Schmidt, M. J., (1988) Schedule monitoring of engineering projects. *IEEE Transaction on Engineering Management*, 35(2).
- Elphick, B., (1992) Linking the use of resources to project progress. *Engineering Management Journal* pp. 279-282.
- Pillai, A. S., Joshi, A., Rao, K. S., (2002) Performance measurement of R&D projects in a multi-project, concurrent engineering environment. *International Journal of Project Management*, 20, pp. 165-177.
- Lohman, C., Fortuin, L., Wouters, M., (2004) Designing a performance measurement system: A case study. *European Journal of Operational Research* 156, pp. 267-286.
- Bourgault, M., Lefebvre, E., Lefebvre, L. A., Pellerin, R., Elia, E., (2002). *Discussion of metrics for distributed project management: Preliminary findings*. Paper presented at the Proceedings of the 35th Hawaii International Conference on System Sciences, Hawaii.
- Jacob, D. S. D., (2003) Forecasting project schedule completion with earned value metrics. *The Measurable News* 2003, 1, pp. 7-9.
- ABPI. (October 2005). The Development of Medicines, [http://www.abpi.org.uk/publications/briefings/Dev\\_Medicines.pdf](http://www.abpi.org.uk/publications/briefings/Dev_Medicines.pdf). London: The Association of the British Pharmaceutical Industry.
- innovation.org. (February 2007). Drug Discovery and Development, [http://www.innovation.org/drug\\_discovery/objects/pdf/RD\\_Brochure.pdf](http://www.innovation.org/drug_discovery/objects/pdf/RD_Brochure.pdf). Washington DC: PhRMA.
- Gassmann, O., Reepmeyer, G., Von Zedtwitz, M., (2008) *Leading Pharmaceutical Innovation: Trends and Drivers for Growth in the Pharmaceutical Industry* (2 ed.). Berlin: Springer.
- Patrick, F. S. F., (1999) Getting out from between Parkinson's rock and Murphy's hard place. *PMNetwork*, 13(4), pp. 49-51.