

**UNIVERSITÉ DU QUÉBEC**

**LA GESTION DES RISQUES LIÉS AUX SITUATIONS DE  
CO-ACTIVITÉ DANS LA PHASE DE PLANIFICATION DES  
PROJETS**

**MÉMOIRE DE RECHERCHE**

**PRÉSENTÉ À**

**L'UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À RIMOUSKI**

**Comme exigence partielle du programme de**

**Maîtrise en Gestion de Projet**

**PAR**

**JIATANG SUN**

**Décembre 2007**

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À RIMOUSKI  
Service de la bibliothèque

Avertissement

La diffusion de ce mémoire ou de cette thèse se fait dans le respect des droits de son auteur, qui a signé le formulaire « *Autorisation de reproduire et de diffuser un rapport, un mémoire ou une thèse* ». En signant ce formulaire, l'auteur concède à l'Université du Québec à Rimouski une licence non exclusive d'utilisation et de publication de la totalité ou d'une partie importante de son travail de recherche pour des fins pédagogiques et non commerciales. Plus précisément, l'auteur autorise l'Université du Québec à Rimouski à reproduire, diffuser, prêter, distribuer ou vendre des copies de son travail de recherche à des fins non commerciales sur quelque support que ce soit, y compris l'Internet. Cette licence et cette autorisation n'entraînent pas une renonciation de la part de l'auteur à ses droits moraux ni à ses droits de propriété intellectuelle. Sauf entente contraire, l'auteur conserve la liberté de diffuser et de commercialiser ou non ce travail dont il possède un exemplaire.

## Remerciements

Je dois en grande partie la réalisation de ce travail à mon directeur de recherche, monsieur Bruno Urli. Sa disponibilité, ses conseils précieux et la facilité de contact avec lui m'ont considérablement allégé la tâche. Je le remercie sincèrement d'avoir accepté la direction de mon travail de recherche ainsi que l'occasion qu'il m'a offerte pour approfondir davantage mes connaissances dans le domaine de la gestion de projet.

Mes remerciements sont également adressés aux membres du comité d'évaluation : les professeurs Farid Ben Hassel et Didier Urli de l'Université du Québec à Rimouski et le professeur André Gbodossou de l'Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue, ces experts qui ont consacré de leur temps et de leur énergie pour commenter et évaluer la réalisation de ce mémoire.

Je suis particulièrement reconnaissant envers mes parents et ma fiancée pour m'avoir accordé une assistance et un soutien sans réserve tout au long de mes études à la maîtrise en gestion de projet à l'Université du Québec à Rimouski.

## Résumé

Tout projet comporte des dangers et sa réussite dépendra notamment de la façon dont son responsable arrivera à cerner les risques potentiels et à réduire la gravité de leurs conséquences.

Les problèmes majeurs rencontrés dans des projets de bâtiment et de génie civil proviennent de la gestion préventive des accidents autant que de leurs conséquences.

En Europe continentale la loi exige que la gestion du risque soit prise en compte de façon préalable à la mise en œuvre de toute action importante sur le site où doit se réaliser le projet concerné. Dans le futur, il y aura même une obligation légale d'inclure, dès la phase d'étude, la gestion du risque dans le management de projets. Un des risques des plus importants qu'il faudra gérer est celui de co-activité. Ce risque peut apparaître quand au moins deux ressources, comme des soudeurs et des peintres, travaillent dans le même lieu et en même temps.

Ce mémoire propose une méthode d'analyse et d'aide à la décision afin d'éviter ces risques liés aux situations de co-activité. L'enjeu de ce mémoire est important car une telle analyse constitue un moyen essentiel de préserver la santé et la sécurité des travailleurs, sous la forme d'un diagnostic en amont des facteurs de risques auxquels ils peuvent être exposés.

**Key words:** Risque de co-activité, management de projet, aide à la planification



## Table des matières

REMERCIEMENTS.....	1
RÉSUMÉ.....	2
TABLE DES MATIÈRES.....	3
LISTE DES FIGURES.....	5
INTRODUCTION.....	7
INTRODUCTION.....	7
CHAPTER I. LA GESTION DES RISQUES DANS LES PROJETS.....	10
I.1. LES NOTIONS DE RISQUE ET DE RISQUE D'UN PROJET.....	10
<i>I.1.1. Définition du concept de risque.....</i>	<i>10</i>
<i>I.1.2. Le concept de « risque d'un projet ».....</i>	<i>11</i>
<i>I.1.3. Caractérisation des risques d'un projet.....</i>	<i>11</i>
I.2. LA DÉMARCHÉ DE GESTION DES RISQUES D'UN PROJET.....	12
<i>I.2.1. L 'objectif de la gestion des risques.....</i>	<i>12</i>
<i>I.2.2. Le cycle de gestion des risques d'un projet.....</i>	<i>13</i>
I.3. SYNTHÈSE DES APPROCHES DE GESTION DES RISQUES EXISTANTES.....	16
<i>I.3.1. Généralités.....</i>	<i>16</i>
<i>I.3.2. Les méthodes d'analyse « descendantes».....</i>	<i>16</i>
<i>I.3.3. Les méthodes « ascendantes ».....</i>	<i>21</i>
<i>I.3.4. Les méthodes basées sur les processus stochastiques.....</i>	<i>23</i>
I.4. TYPOLOGIE DES MÉTHODES DE GESTION DES RISQUES.....	26
I.5. QUELQUES OUTILS LOGICIELS.....	29
I.6. LA CINDYNIQUE.....	30

<b>CHAPTER II. LA GESTION DES RISQUES DE CO-ACTIVITÉ OU INTERFÉRENTS.....</b>	<b>31</b>
<b>II.1. LES RISQUES RELIÉS AUX SITUATIONS DE CO-ACTIVITÉ.....</b>	<b>31</b>
<b>II.2. PROPOSITION D'UNE DÉMARCHE DE GESTION DES RISQUES LIÉS AUX SITUATIONS DE CO-ACTIVITÉ .....</b>	<b>33</b>
<i>II.2.1. Établir le calendrier d'exécution au plus tôt.....</i>	<i>34</i>
<i>II.2.2. Caractériser les tâches du projet .....</i>	<i>36</i>
<i>II.2.3. Calculer et évaluer des risques interférents.....</i>	<i>38</i>
<i>II.2.4. Mesures d'évitement des risques élevés de co-activité.....</i>	<i>40</i>
<b>II.3. ILLUSTRATION SUR UN EXEMPLE DIDACTIQUE .....</b>	<b>45</b>
<i>II.3.1. Introduction.....</i>	<i>45</i>
<i>II.3.2. Détermination des profils de risque de co-activité pour le projet.....</i>	<i>47</i>
<i>II.3.3. Application de la démarche d'évitement des risques de co-activité.....</i>	<i>53</i>
<b>CONCLUSION.....</b>	<b>61</b>
<b>RÉFÉRENCES .....</b>	<b>63</b>

## Liste des figures

<i>Figure1</i>	<i>Évolution des risques et des montants engagés dans un projet</i> .....	8
<i>Figure2</i>	<i>Le processus de management des risques d'un projet (Courtot,1998)</i> .....	15
<i>Figure3</i>	<i>Les approches théoriques utilisables (Courtot, 1998)</i> .....	16
<i>Figure4</i>	<i>Exemple d'un arbre de défaillances (Courtot, 1998)</i> .....	22
<i>Figure5</i>	<i>Exemple d'une chaîne de Markov (Courtot,1998)</i> .....	24
<i>Figure6</i>	<i>Principe des outils basés sur la simulation Monte Carlo</i> .....	25
<i>Figure7</i>	<i>Exemple d'un réseau de Petri (Courtot, 1998)</i> .....	26
<i>Figure8</i>	<i>Les classifications des méthodes selon Courtot (1998)</i> .....	27
<i>Figure9</i>	<i>Les risques interférents ou de co-activité</i> .....	32
<i>Figure10</i>	<i>Le management des risques liés aux situations de co-activité</i> .....	34
<i>Figure11</i>	<i>Procédure CPM</i> .....	35
<i>Figure12</i>	<i>Évitement des risques trop élevés de co-activité</i> .....	40
<i>Figure13</i>	<i>Procédure de priorisation des tâches</i> .....	41
<i>Figure14</i>	<i>Procédure de détermination de la (des) tâche à déplacer</i> .....	43
<i>Figure15</i>	<i>Procédure de détermination de la période S de déplacement</i> .....	44
<i>Figure16</i>	<i>Le diagramme de Gantt de la planification initiale du projet</i> .....	46
<i>Figure17</i>	<i>Le diagramme PERT de l'exemple didactique</i> .....	46
<i>Figure18</i>	<i>Profil du risque interférent global pour tout le projet</i> .....	51
<i>Figure19</i>	<i>Profil du risque interférent global pour l'espace 1</i> .....	52
<i>Figure20</i>	<i>Profil du risque interférent global pour l'espace 2</i> .....	52
<i>Figure21</i>	<i>Profil du risque interférent global pour l'espace 3</i> .....	53
<i>Figure22</i>	<i>Tâches interférentes et marges à la période de temps 5</i> .....	54
<i>Figure23</i>	<i>Priorisation des tâches à déplacer</i> .....	54
<i>Figure24</i>	<i>Profil du risque interférent global pour l'espace E1 au temps 5</i> .....	55
<i>Figure25</i>	<i>Profil du risque interférent global pour l'espace E2 au temps 5</i> .....	56
<i>Figure26</i>	<i>Profil du risque interférent global pour l'espace E3 au temps 5</i> .....	56

<i>Figure27</i>	<i>Profil du risque interférent global pour le projet au temps 5 .....</i>	<i>57</i>
<i>Figure28</i>	<i>Deuxième risque de co-activité élevé à la période 10.....</i>	<i>58</i>
<i>Figure29</i>	<i>Résolution des risques de co-activité pour tout le projet.....</i>	<i>59</i>
<i>Figure30</i>	<i>Résolution des risques de co-activité lorsque le fractionnement est permis .....</i>	<i>60</i>

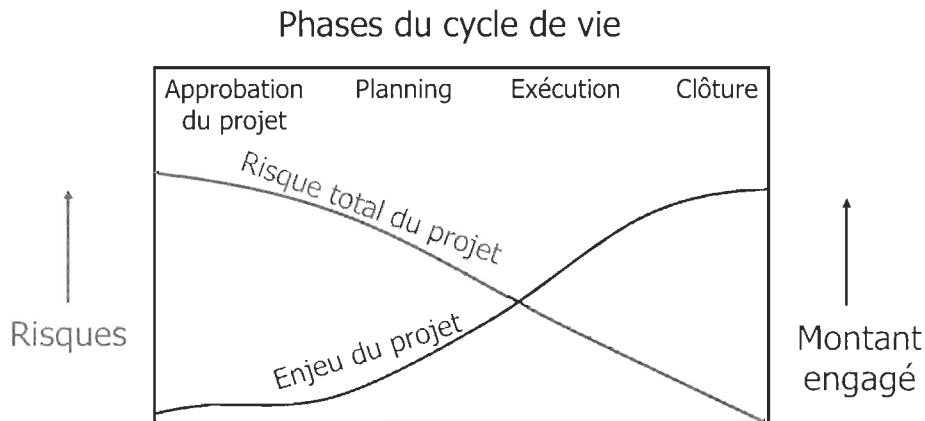
## **Introduction**

La complexité, l'incertitude et l'extrême concurrence de l'environnement économique et industriel, dans lequel les entreprises évoluent aujourd'hui, de même que les difficultés rencontrées dans le management de leurs projets, sont à l'origine de nouveaux défis et de problèmes croissants. Il n'est pas rare de voir des projets aboutir à des échecs graves et coûteux (tant du point de vue technique, que financier ou commercial), à une dégradation ou à une remise en cause de leurs principaux objectifs (coûts, délais et performances techniques), voire à leur abandon pur et simple. C'est pourquoi, le management des risques d'un projet est devenu, ces dernières années, pour beaucoup d'entreprises une préoccupation majeure.

Aussi, devant ce constat, il devient indispensable, voire impératif, pour les différentes personnes chargées de conduire des projets (dirigeants, directeurs de projet, responsables métiers, membres des équipes- projet...), de mieux comprendre les risques potentiels associés à leur projet, de s'interroger sur la manière de les anticiper, de les analyser et de mieux les maîtriser. En effet, il n'est plus possible, ni concevable, aujourd'hui, d'accepter, avec un certain fatalisme, que la non prise en compte des risques dans la gestion d'un projet, puisse compromettre sa réussite, mais également, la pérennité de l'entreprise. Il apparaît aujourd'hui que le succès d'un projet est fortement conditionné par la façon dont ses responsables savent reconnaître les risques potentiels qui le menacent, les étudier et les surmonter.

Tout projet comporte donc des dangers et sa réussite dépendra notamment de la façon dont le gestionnaire de projet arrivera à en cerner les risques potentiels et à réduire la gravité des conséquences de ceux-ci. Il est important de déceler rapidement les risques pouvant avoir une incidence sur les objectifs du projet car, plus un projet avance, plus les coûts de

modifications sont élevés et plus la liberté d'action du gestionnaire de projet est limitée (figure1). Une gestion efficace des risques contribuera grandement à accroître la qualité du projet et à respecter les contraintes de coûts et de temps inhérentes au projet.



*Figure 1 Évolution des risques et des montants engagés dans un projet*

La gestion des risques fait partie intégrante du management de projet et s'est fortement développée ces dernières décades (Chapman et Ward, 1997; Courtot, 1998). Ainsi, les entreprises sont de plus en plus nombreuses à mettre en œuvre une démarche de gestion des risques dans le management de leurs projets. D'autre part, les contraintes sont de plus en plus importantes sur les entreprises, conduisant à un accroissement continu des sources de risques quant à la réalisation des mêmes projets. Les méthodes de prise en compte des risques, initialement développées dans les secteurs bancaires, l'ingénierie des systèmes, prennent aujourd'hui toute leur dimension dans le domaine du management de projet. De nombreuses approches y sont actuellement développées et utilisées et on retrouve une documentation importante sur les facteurs de risque, sur les méthodes de gestion des risques, etc...Cependant, et à notre connaissance, il est un type de risque qui n'est jamais mentionné dans la littérature scientifique et qui est pourtant présent potentiellement dans beaucoup de projets, c'est le risque de co-activité ou interférent. Notre travail va s'intéresser à ce type de risque et notre objectif est de proposer une démarche de gestion de ce risque durant la phase

de planification du projet.

Pour atteindre cet objectif de recherche, et dans une première partie, nous allons présenter une synthèse des connaissances concernant la gestion des risques des projets. Nous y aborderons la notion de risque et de risque de projet, puis celle de gestion des risques. Une synthèse des méthodes traditionnelles de gestion des risques sera également présentée et s'appuiera sur le travail de Courtot (1998). Pour compléter cette partie concernant la revue de littérature en gestion des risques, nous introduirons le concept de cyndinique ou science du danger, concept qui nous amènera à nous intéresser à un type de risque particulier et 'ignoré' dans la «littérature en gestion des risques de projet : le risque de co-activité ou interférent.

Dans la deuxième partie du mémoire, nous définirons ce type de risque, dit interférent, et nous proposerons une démarche permettant de gérer ce type de risque lors de la phase de planification du projet. Pour illustrer notre démarche, un exemple didactique sera développé. Finalement, et en guise de conclusion, les limites de notre démarche seront discutées et les avenues potentielles de recherche évoquées.

## **Chapter I. La gestion des risques dans les projets**

### **I.1. Les notions de risque et de risque d'un projet**

#### **I.1.1. Définition du concept de risque**

La notion de «risque» est souvent utilisée de différente façon. Le dictionnaire «Le Robert » le définit classiquement comme étant :

- « un danger éventuel plus ou moins prévisible » et « le fait de s'exposer à un danger (dans l'espoir d'en obtenir un avantage) »
- « l'éventualité d'un événement ne dépendant pas exclusivement de la volonté des parties et pouvant causer la perte d'un objet ou tout autre dommage »

Cette notion de « Risque » est approchée différemment selon les domaines et les spécialités, donc le mot risque revêt des significations différentes. On peut relever plusieurs formulations, dans la littérature, dont les suivantes :

- «Le risque consiste dans la réalisation d'un événement redouté, aux conséquences négatives » (Rowe W.D,1977) ;
- « L'incertitude objectivée quant à la survenance d'un événement indésirable » (Allan Willet, 1901) ;

« Une mesure de la probabilité et de la gravité d'événements dommageables » (William W. Lowrance, 1976) ;

« Un risque est un péril mesurable, visant des biens ou activités précis, aux conséquences économiques dommageables » (J. Charbonnier, 1983) ;

« Par risque, il faut entendre la possibilité que les objectifs d'un système axé sur un but déterminé ne se réalisent pas » (M. Haller, 1976).

À partir de ces définitions, ce qu'on peut retenir est que la définition de risque est toujours



associée aux notions de « probabilité, dommages, événements indésirables et/ou redoutés, gravité ».

### **I.1.2. Le concept de « risque d'un projet »**

C'est une notion complexe, il existe plusieurs définitions du risque d'un projet, parce qu'elle couvre de multiples dimensions.

« Un risque de projet consiste en l'effet cumulatif des chances de réalisation d'événements incertains affectant négativement l'atteinte des objectifs du projet » (PMI)

« Un risque de projet est constitué des implications de l'existence d'une incertitude significative en regard du niveau de performance atteignable dans le cadre du projet. Une source de risque est définie par tout facteur pouvant affecter la performance du projet et le risque survient lorsque ses effets sur la performance du projet sont incertains et significatifs » (C. Chapman et S. Ward, 2003 );

celle proposée par V. Giard et reprise par l'AFITEP-AFNOR définit le risque d'un projet comme étant « la possibilité qu'un projet ne s'exécute pas conformément aux prévisions de date d'achèvement, de coût et de spécification, ces écarts par rapport aux prévisions étant considérés comme difficilement acceptables voire inacceptables".

### **I.1.3. Caractérisation des risques d'un projet**

Après avoir défini le concept de « risque d'un projet », il est nécessaire de considérer les différentes caractéristiques du risque, pour mettre en place une démarche de gestion des risques, ces caractéristiques sont décomposées en six grandes catégories relatives (Courtot,1998) :

leur nature : les risques pouvant être techniques, financiers, humains, organisationnels, managériaux, juridiques, réglementaires, et commerciaux.

Leur origine : les risques pouvant provenir du pays-débouché, du client, du produit, des fournisseurs ou des sous-traitant, des pouvoirs publics ou des instances juridiques et

réglementaires, de l'entreprise.

Leurs conséquences ou l'effet produit : il faut bien distinguer les risques qui peuvent conduire à une dégradation des principaux objectifs du projet.

Leur détectabilité : traduisant la capacité pour chef de projet de prévoir l'apparition des risques, de déceler et de réagir les risques au cours de projet.

Leur contrôlabilité : ceci permet de différencier les risques.

Leur gravité : traduisant l'importance de l'impact qu'ils peuvent avoir sur le respect des objectifs du projet s'ils se concrétisent.

Leur probabilité d'occurrence : soit leur probabilité d'apparition, soit leur fréquence d'apparition.

## **I.2. La démarche de gestion des risques d'un projet**

### **I.2.1. L'objectif de la gestion des risques**

L'objectif de la gestion des risques est, selon Courtot (1998):

- ✚ Contribuer à définir de manière plus pertinente les différents objectifs du projet, grâce à l'accroissement et à l'amélioration de la qualité des informations.
- ✚ Conduire à une meilleure maîtrise du projet, en ajustant son déroulement aux diverses évolutions de son environnement et en organisant la réactivité. Face aux divers événements susceptibles de se produire.
- ✚ Accroître les chances de succès du projet, grâce à une meilleure compréhension et identification des risques encourus et une meilleure définition des actions visant à s'en prémunir.
- ✚ Communiquer et informer les divers acteurs du niveau d'exposition aux risques du projet.
- ✚ Fournir une meilleure connaissance du projet et faciliter ainsi la prise de décision et la définition des priorités

Parmi les objectifs de la démarche de gestion des risques on peut également citer :  
« conduire les responsables de projet à des actions qui, prenant en compte les risques potentiels, viseront soit à les éviter en trouvant, par exemple, des solutions alternatives, soit à les réduire, soit à en réduire les conséquences pour les rendre acceptables» (Weka, 1996 ).

### **1.2.2. Le cycle de gestion des risques d'un projet**

La gestion des risques est un processus complexe qui comprend plusieurs étapes (Hardaker, 1997). Différents auteurs [Courtot (1998), Grey (1995 ), Chapman(1997 ), etc.] ont étudié et/ou développé des démarches de management des risques. Selon le PMBOK, Le processus de gestion des projets se décompose en six étapes :

- ↳ **Planification du management des risques** : Cette première étape développée au niveau directorial du projet, a pour but la définition de l'arsenal méthodologique de maîtrise des risques à déployer, sur toute la durée du projet. Cela inclut la démarche à suivre, mais aussi l'affectation des moyens, car la maîtrise des risques a un coût.
- ↳ **Identification des risques** : La deuxième étape a pour objet l'identification de tous les risques susceptibles d'affecter, bien souvent de façon négative, mais parfois aussi positivement, le projet. C'est un lieu commun que de dire que seuls les risques prédictibles sont identifiables. Le chef de projet doit toutefois être conscient qu'il en demeure de nombreux non prévisibles, qui ne peuvent malheureusement faire l'objet d'une identification précise.
- ↳ **Analyse qualitative des risques** : C'est la suite logique de l'étape d'identification. Chaque risque est analysé qualitativement en termes de causes et de conséquences. Les risques sont ensuite comparés les uns aux autres, et des priorités relatives établies.
- ↳ **Analyse quantitative des risques** : Cette quatrième étape a pour objet la mesure de la probabilité d'occurrence ainsi que l'impact que chacun des risques identifiés peut avoir sur les objectifs globaux du projet. C'est certainement le processus le moins

pragmatique.

- ✚ **Planification des réponses aux risques** : C'est dans cette phase que des plans de réponse aux risques sont établis. Cette étape a lieu d'être parce que c'est plus souvent dans la sérénité que dans l'urgence que les meilleurs plans sont imaginés. Elle vise à établir pour chacun des risques identifiés, évalués et quantifiés, pouvant avoir en cas de réalisation des conséquences fâcheuses pour la pérennité du projet (le respect des objectifs), un ou plusieurs plans de contingence circonstanciés.
- ✚ **Surveillance et maîtrise des risques** : Alors que les cinq précédentes étapes sont conduites pour l'essentiel dans la phase de planification, cette sixième étape intervient pendant l'exécution du projet. Elle requiert surtout de la vigilance, et au moindre incident, l'exécution du plan de contingence de circonstance, lorsque ce plan existe !
- ✚ De son côté, Courtot (1998) reprend les cinq étapes (Identification et analyse des risques, Évaluation et hiérarchisation des risques, Maîtrise des risques, Suivi et contrôle des risques et Capitalisation et documentation des risques) qui sont adoptées par la plupart des démarches de gestion des risques, et les détaille de la manière suivante (figure2 ):

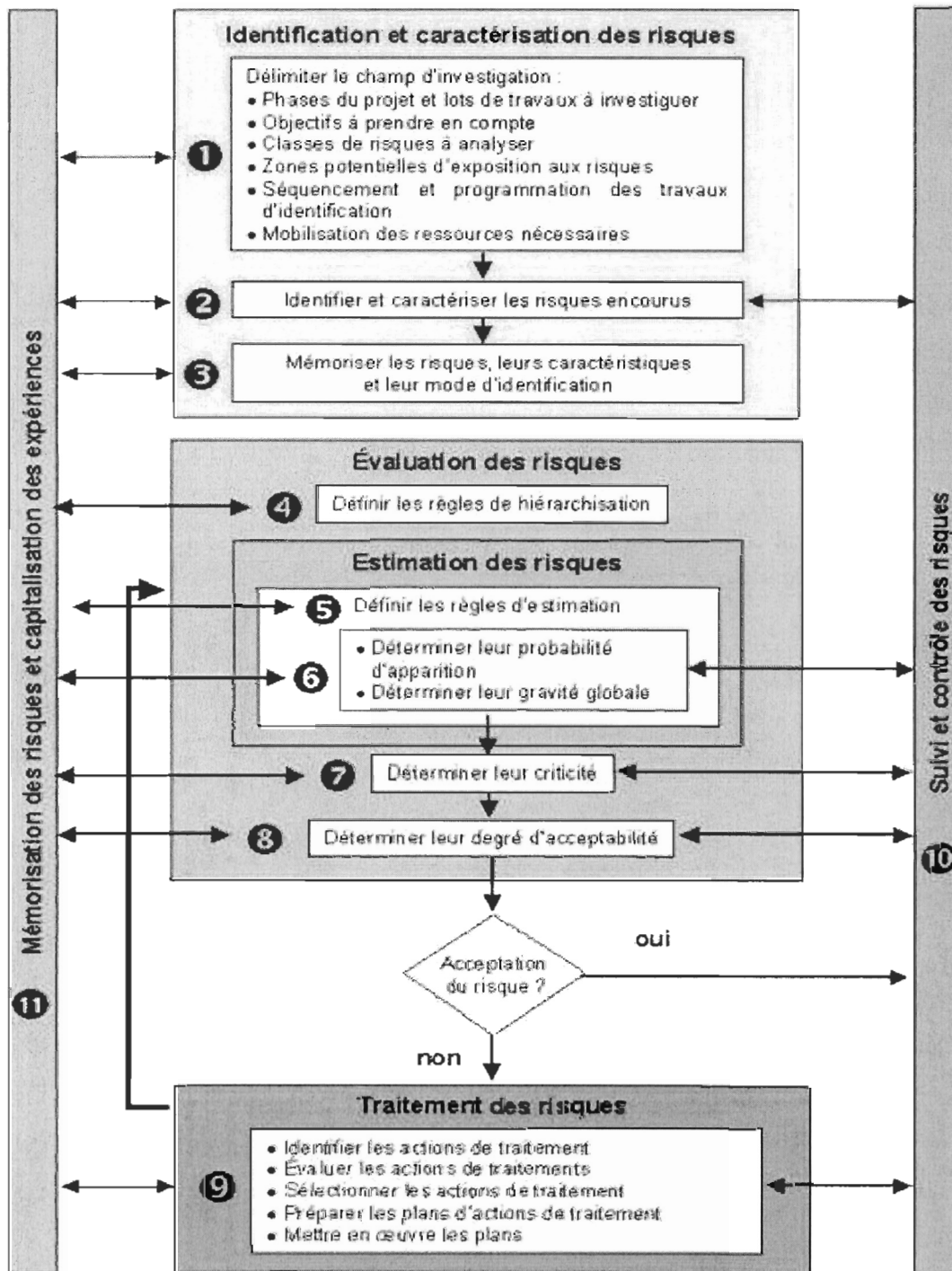


Figure2 Le processus de management des risques d'un projet (Courtot,1998)

## I.3. Synthèse des approches de gestion des risques existantes

### I.3.1. Généralités

Pendant des dernières années, plusieurs approches (quantitative, qualitative, hybride, simulateur, etc) ont été développées, qui permet les gestionnaires de gérer les risques potentiels et de effectuer des bonnes gestion des risques.

Parmi les différentes classifications proposées dans la littérature, celle présentée par Courtot (1998) est plus complète.

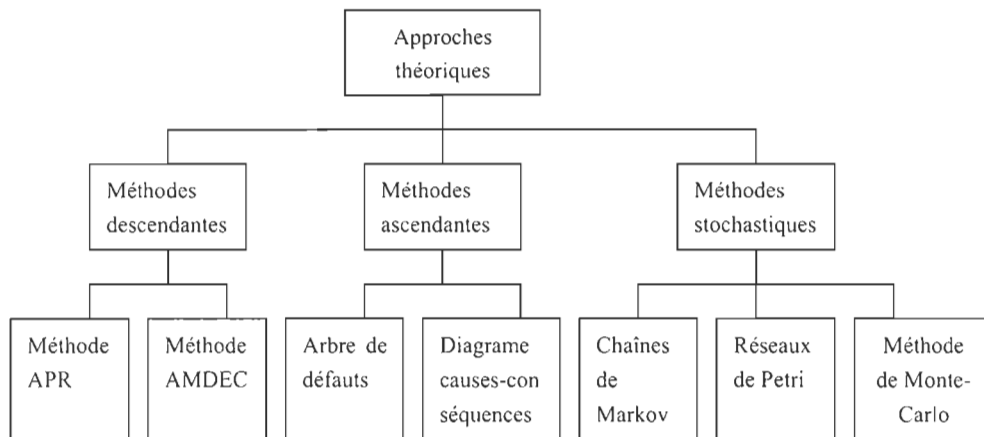
Les méthodes théoriques les plus largement utilisées pour gérer les risques peuvent se distinguer trois grandes catégories trois grandes catégories comme suit :

Les méthodes d'analyse "descendantes"

Les méthodes d'analyse "ascendantes"

Les méthodes basées sur les processus stochastiques

La figure3 résume la classification des approches théoriques.



*Figure3 Les approches théoriques utilisables (Courtot, 1998)*

### I.3.2. Les méthodes d'analyse «descendantes»

Les méthodes d'analyse "descendantes" qui partent d'une cause quelconque de défaillance et

cherchent à mettre en évidence ses effets sur le système étudié. Ces méthodes s'appuient sur une décomposition du système en sous-systèmes élémentaires à partir desquels sont identifiées les défaillances ou éléments dangereux. Elles ne considèrent toutefois que des événements simples et non des combinaisons d'événements.

Dans cette catégorie, les deux méthodes les plus couramment utilisées sont celle d'Analyse des Modes de Défaillances des composants, de leurs Effets sur le système et de leur Criticité (AMDEC), et celle d'Analyse Préliminaire des Risques (APR).

### **La méthode A.M.D.E.C**

La méthode l'Analyse des Modes de Défaillances des composants, de leurs Effets sur le système et de leur Criticité (AMDEC) est une méthode d'analyse probabiliste qui, de façon systématique et préventive, analyse les défaillances d'un système technique ou d'un équipement.

Cette méthode fait appel à deux types d'analyses différentes et complémentaires :

- ✚ une analyse qualitative des modes de défaillances, de leurs causes et de leurs effets ;
- ✚ une analyse quantitative de la gravité. Des conséquences et de la probabilité d'apparition des modes de défaillance, et de leur impact sur la fiabilité et la maintenabilité du système considéré.

Le procédé de cette méthode se pratique généralement à l'aide d'un tableau (tableau 1), est expliqué comme suit :

- ✚ Identifier et comprendre le fonctionnement détaillé de chacun des sous-ensembles ou composants : repère, désignation, type, implantation, fonctions, état, performances minimales, et par conséquent le fonctionnement global du système étudié en utilisant des représentations graphiques de la structure fonctionnelle du système, et notamment des diagrammes.
- ✚ Recenser, pour chaque composant élémentaire ou sous-ensemble du système étudié, les modes de défaillance possibles ou potentiels (déformation, usure, rupture...), les

causes de défaillance internes ou externes (manque de lubrifiant, connecteur non encliqueté, oxydation...), leurs effets et leur importance relative sur le fonctionnement global du système ou sur son environnement, (panne, incendie, mécontentement de l'utilisateur...).

- ↓ Identifier et dresser la liste des méthodes et des moyens prévus pour détecter et isoler les défaillances (exemples : calcul, essai, contrôles...) et pour empêcher que le couple mode/cause de défaillance arrive à l'utilisateur.
- ↓ Estimer la gravité (G) des conséquences des défaillances identifiées en fonction des critères retenus: mineure, significative, critique, catastrophique.
- ↓ Estimer la probabilité de non détection (P) que la cause et/ou le mode de défaillance supposée apparue atteigne l'utilisateur.
- ↓ Estimer la fréquence ou la probabilité d'apparition (F) de ces défaillances en fonction des critères retenus : très improbable, improbable, probable, très probable.
- ↓ Calculer la criticité (C) de chaque mode de défaillance en effectuant le produit de sa gravité, de sa fréquence et de sa probabilité de non détection:  $C = G * F * P$ .
- ↓ Hiérarchiser les défaillances par catégories ou degrés de criticité (nulle, faible, significative, élevée), le choix du nombre de degrés variant en principe selon le type de système et le type d'industrie. Cela va permettre ensuite de mettre en évidence les défaillances et les éléments qui devront faire l'objet d'une attention particulière et de déterminer les actions correctives ou préventives à engager.



**Tableau 1 : Exemple de tableau utilise pour la méthode AMDEC (Courtot, 1998)**

A.M.D.E.C. Système <input type="text"/>			Sous-système <input type="text"/>							
SOUS-SYSTÈME-COMPOSANT ÉLÉMENT			EFFETS DE LA DÉFAILLANCE		Moyens de détection	Gravité	Criticité	Fréquence	Probabilité	Observations
Désignation fonction repère	Mode de défaillance	Causes de défaillance	Local	Sur le système						

La méthode AMDEC est utilisée généralement en phase de conception du système ou de sous-système. De plus, elle peut être utilisée en phase d'exploitation comme aide pour réaliser les actions curatives.

Les champs d'application de cette méthode ne se limitent pas à un produit ou a une modification. Elle peut également être utilisée pour un processus ou un procédé de production, de fabrication, de contrôle ou pour un moyen de production et conséquemment pour tout projet qui vise a la réalisation d'une des activités mentionnées.

Néanmoins, il existe aussi quelques limites dans l'utilisation de la méthode AMDEC:

Il est difficile de l'utiliser pour les systèmes complexes.

Elle ne permet pas de considérer les erreurs humaines et les effets de l'environnement, lors du recensement des défaillances.

On ne peut l'utiliser pour étudier les combinaisons de défaillance

Il faudra avoir des expériences pour constituer l'arbre des causes et pour le valoriser.

Il faut disposer d'une base de données statistiques pour l'utiliser.

### La méthode A.P.R.

La méthode A.P.R., l'Analyse Préliminaire des Risques est une démarche d'analyse descendante et déterministe qui a été conçue par l'armée américaine dans les années 1960. Elle vise à mettre en évidence, lors de la conception de systèmes nouveaux, les principaux risques susceptibles d'être rencontrés.

Le tableau 2 est un exemple de tableau utilisé pour la méthode A.P.R.

ANALYSE PRELEMINAIRE DES RISQUES

Système	Phase	Éléments dangereux	Événement causant situation dangereuse	Situation dangereuse	Événement causant accident potentiel	Conséquences	Accident potentiel	Gravité	Mesures préventives

Tableau 2 : Exemple de tableau utilisé pour la méthode A.P.R

En utilisant le tableau, la méthode A.P.R. consiste à

- ↓ Identifier les éléments dangereux, les situations dangereuses ainsi que les accidents potentiels du système étudié;
- ↓ Regarder quels sont les événements qui peuvent faire dégénérer chaque élément dangereux identifié en une situation dangereuse ou en un accident;
- ↓ Hiérarchiser les risques en évaluant la gravité de leurs conséquences;
- ↓ Déterminer et appliquer les mesures préventives pour maîtriser ou éliminer les situations dangereuses.

Cette méthode, utilisée généralement dès le début de la conception du système, peut aussi être utilisée tout au long de la conception et même lors de l'exploitation du système pour pouvoir effectuer des mises à jour ou procéder à des analyses plus approfondies.

### **I.3.3. Les méthodes « ascendantes »**

Les méthodes d'analyse "ascendantes" qui partent d'un effet constaté pour essayer d'en déterminer les causes initiales de défaillance. Elles permettent en outre de considérer les combinaisons d'événements susceptibles de conduire à une défaillance du système.

Les deux approches les plus connues, associées à cette catégorie sont: la méthode des Arbres de Défauts ou de Défaillances (A.D.D.) et le Diagramme Causes - Conséquences.

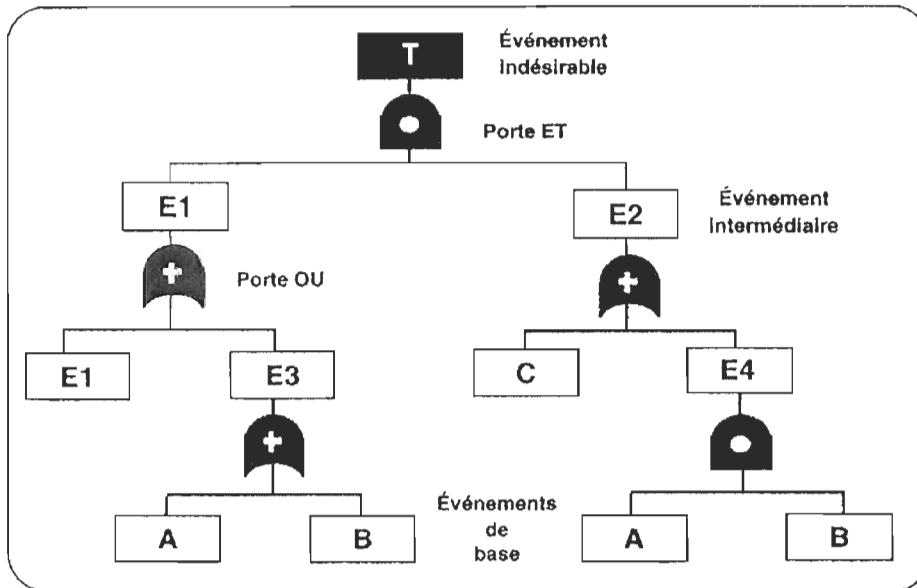
#### **La méthode A.D.D.**

La méthode des Arbres de Défauts ou de Défaillances (A.D.D.) est une méthode d'analyse ascendante, déterministe et probabiliste qui a été développée aux Etats-Unis au début des années soixante pour analyser et évaluer la fiabilité, la disponibilité et la sécurité des systèmes de tir des missiles 'Minute Man'.

Dans la méthode des Arbres de Défauts ou de Défaillances (A.D.D.) on établit une structure arborescente par une représentation graphique facilitant la visualisation des différentes causes de défaut ou de défaillance d'un système.

En effet, on détermine d'abord quel est l'événement indésirable qui a conduit à un défaut ou à une panne du système. Ensuite, un arbre de défaillance est construit (dont un exemple est présenté à la figure 4). En se basant sur l'événement indésirable déjà identifié, les causes immédiates de ce dernier sont recherchées. Ces causes appelées «événements élémentaires» auront à leur tour des causes immédiates. L'enchaînement de cette décomposition va aboutir au recensement des «événements de base» qui sont à l'origine de la défaillance.

Des analyses qualitatives et quantitatives s'ensuivent à l'aide de la logique Booléenne (opérations et/ou) reliant les causes ainsi que des calculs de la probabilité.



*Figure4 Exemple d'un arbre de défaillances (Courtot, 1998)*

### Le diagramme causes-conséquences

Le diagramme causes-conséquences est une méthode à la fois ascendante et descendante.

En fait, elle recherche non seulement les causes d'une défaillance, mais aussi permet-elle la recherche des conséquences de celle-ci. En pratique, un graphe unique représente à la fois le fonctionnement normal et le fonctionnement anormal d'un système.

En fait, à partir de l'incident initiateur de la défaillance du système, cette méthode essaie de :

- ⚡ Définir tous les éléments du système de façon séquentielle et identifier, pour chacun d'entre eux, les événements ayant pu contribuer à leur défaillance. Ainsi, un diagramme des causes peut être établi,
- ⚡ Compléter ensuite ce même diagramme en identifiant les conséquences des événements initiateurs de problèmes. Le graphique ainsi obtenu est appelé le diagramme des Causes - Conséquences.

C'est une méthode qui peut être utilisée lors de la conception ou de l'exploitation des systèmes pour identifier leurs risques potentiels et en déduire des scénarios plausibles.

#### **1.3.4. Les méthodes basées sur les processus stochastiques**

Pendant la phase d'exploitation, un système peut passer d'un état à un autre et, par conséquent, agir de manière dynamique. Dans un environnement qui peut être qualifié d'aléatoire, sa modélisation s'effectue à l'aide de processus appelés «processus stochastiques». Les trois méthodes utilisées dans cette catégorie sont les chaînes de Markov, la méthode de Monte-Carlo et les réseaux de Petri.

##### **Les chaînes de Markov**

C'est une approche qui est généralement plus utilisée lors de la phase de conception de produit ou de système, que lors de la gestion d'un projet. Les chaînes de Markov sont des outils de modélisation ayant comme objectif l'analyse et revalidation de la fiabilité d'un système ou de sa disponibilité dans son ensemble. La figure5 représente un exemple d'une chaîne de Markov.

Ces graphes consistent à :

- ✚ Identifier les différents états d'un système au cours de son exploitation.
- ✚ Chercher comment le système passe d'un état à un autre. Autrement dit identifier les différentes transitions de l'état du système étudié, pour aboutir finalement à un état stationnaire.
- ✚ Associer à chaque transition un taux de transition égal à la probabilité de passer d'un état à l'autre par défaillance ou par réparation.
- ✚ Evaluer la disponibilité ou la fiabilité du système en résolvant le système d'équations différentielles linéaires à partir duquel a été construit le graphe.

Toutefois, il est difficile de recourir à cette méthode, si le nombre d'état d'un système est très grand.

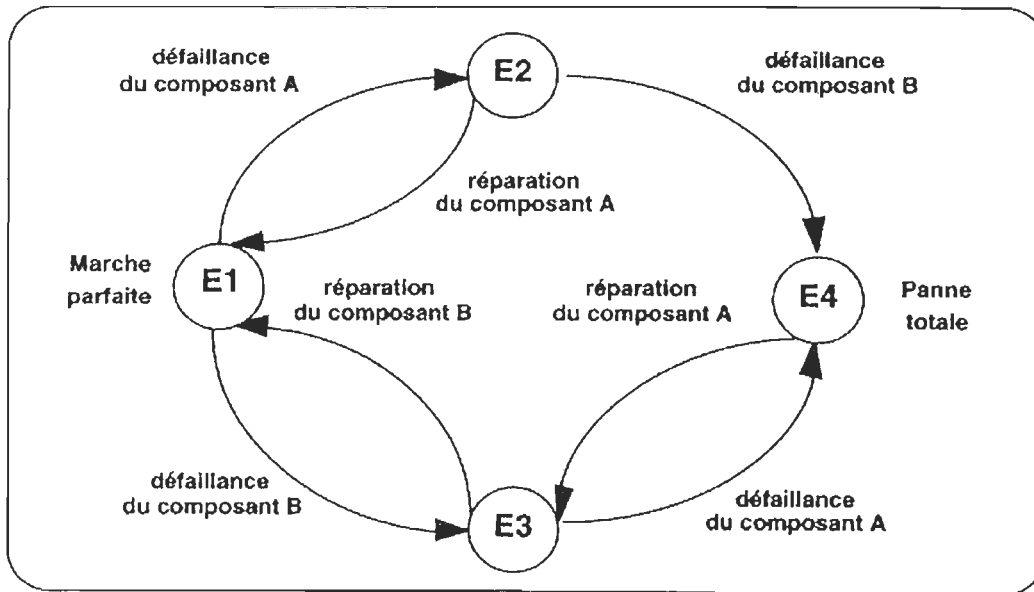


Figure5 Exemple d'une chaîne de Markov (Courtot,1998)

### La méthode de Monte-Carlo

C'est une technique de modélisation et de simulation qui permet d'obtenir des résultats plus intéressants que ceux recherches par des méthodes analytiques. Ainsi, les variables comme le coût d'un projet, sa durée ou la criticité d'une tâche peuvent être mieux cernées par une distribution de probabilité.

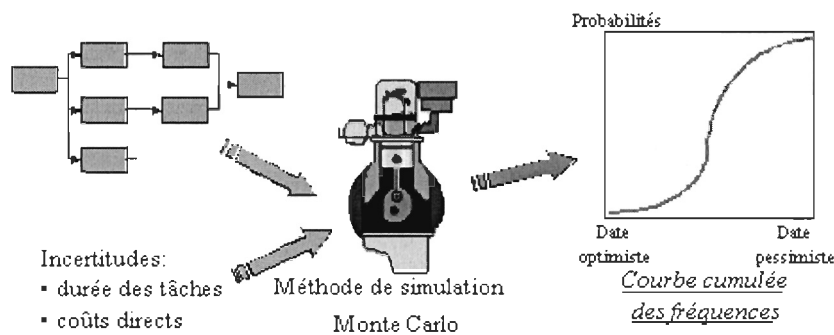
C'est une méthode qui peut conduire à des analyses très détaillées pour des systèmes complexes. Le manque d'informations fiables relatives aux différents aléas d'un système peut être compensé par cette technique de simulation en définissent des variables indépendantes et dépendantes.

Le modèle du système étudié (sous la forme d'un diagramme, d'un arbre ou d'un réseau) est soumis a un tirage de nombres aléatoires, c'est à dire une valeur (a l'aide d'une table de nombres au hasard ou grâce a l'utilisation d'un générateur de nombres au hasard) pour chacune des ses variables indépendantes. Ensuite, en se referant a une loi de distribution statistique (loi Bêta, loi Normale, loi Triangulaire...) on obtient une estimation de la fonction de répartition de ces variables.

Toutefois, pour obtenir de bonnes estimations des informations recherchées, il faudrait que le nombre de simulations de chaque variable indépendante soit suffisamment important (supérieur à 100).

En planification de projet, c'est la méthode de gestion des risques qui, relativement aux délais ou aux coûts, est sans nul doute la plus utilisée. Plusieurs logiciels spécialisés en gestion de projet utilisent cette méthode, par exemple, Risk For Project®, Crystal Ball® ou Monte Carlo®.

La figure6, illustre bien le principe des outils basés sur la simulation Monte-Carlo.



**Figure6** Principe des outils basés sur la simulation Monte Carlo

### Les réseaux de Petri

Les réseaux de Petri (figure7) ont été inventés en 1962 pour décrire le comportement de systèmes de fabrication automatisés. Ils représentent une méthode utilisée actuellement dans de très nombreux domaines afin d'améliorer la sûreté de fonctionnement de systèmes complexes. Ils aident à modéliser, à simuler l'évolution d'un système et à représenter ses différents états successifs par des graphiques évolutifs.

Ces graphiques permettent de visualiser les différents états d'un système, les changements possibles et la liaison entre les points représentant un état et un changement. Ainsi, les réseaux de Petri permettent, à l'aide de ces éléments graphiques et la manière de les mettre à jour, de décrire clairement l'évolution de l'état d'un système.

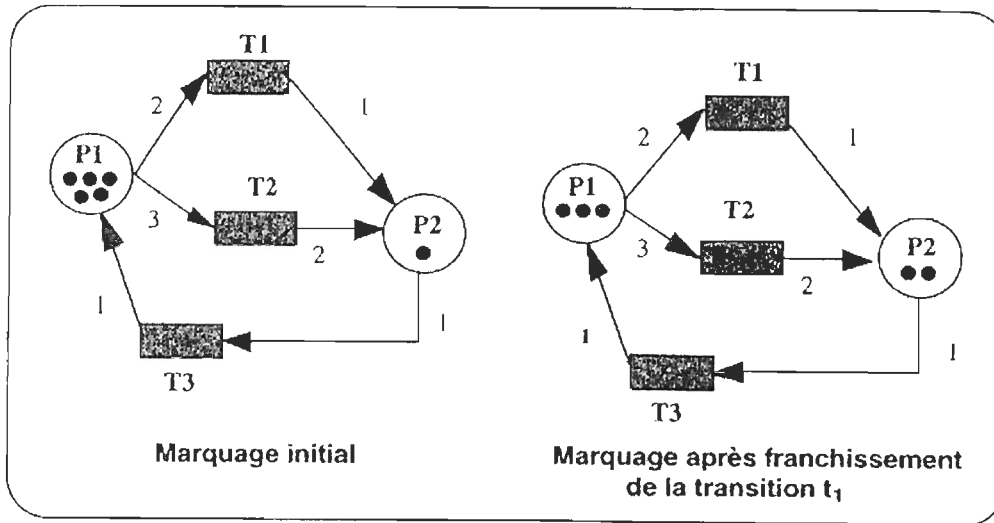


Figure 7 Exemple d'un réseau de Petri (Courtot, 1998)

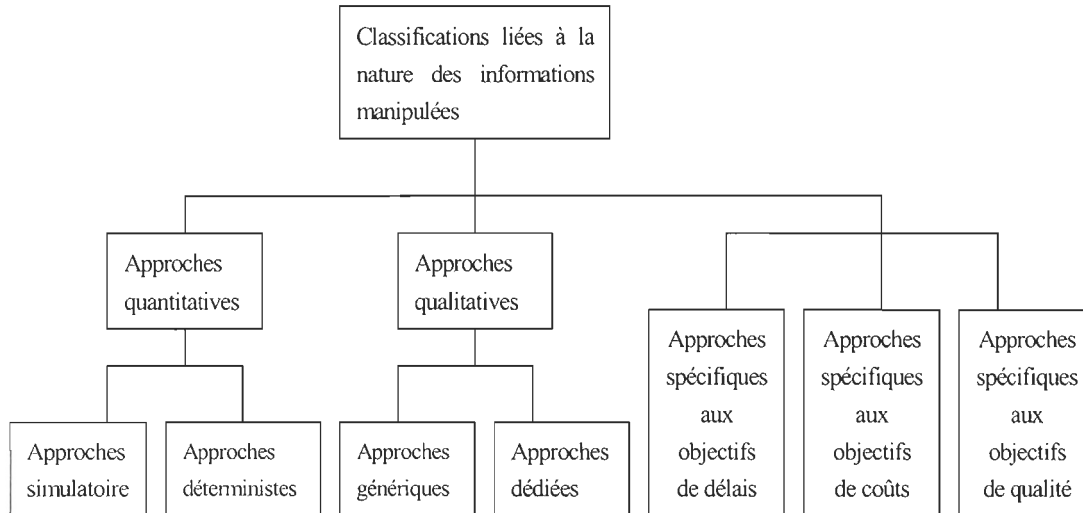
#### I.4. Typologie des méthodes de gestion des risques

Les approches existantes et les méthodologies utilisées dans le domaine de la gestion des risques des projets sont très variées et ont des caractéristiques différentes. Chacune d'elles est mieux adaptée pour un type de projet plutôt qu'à un autre ainsi qu'à une de ses phases par rapport aux autres.

Pour mieux comprendre les principes de base ainsi que les domaines d'utilisation des méthodes de gestion des risques développées ces dernières années, il est nécessaire de les classifier.

Or, il existe plusieurs manières de classifier ces différentes approches ou méthodes de gestion des risques. Parmi les classifications existantes, celle proposée par Courtot (1998), et qui se structure selon la nature des informations (figure 8), nous semble particulièrement intéressante.





**Figure8** *Les classifications des méthodes selon Courtot (1998)*

Les deux premières catégories que nous analysons ici sont les approches quantitatives et les approches qualitatives. En fait, la nature des données recueillies fondées sur les propos d'experts ou sur les expériences antérieures peut faire la distinction entre les méthodes étudiées. Ainsi, nous pouvons définir que:

Les approches dites quantitatives utilisent principalement des données mesurables comme les valeurs statistiques minimales, probables et maximales du montant des coûts ou de la durée des tâches d'un projet. Par contre, il peut y avoir certaines données qualitatives comme les facteurs d'incertitude à l'origine de la variation d'un poste de coût.

- Les approches dites qualitatives fonctionnent avec des renseignements purement qualitatifs comme les sources d'un risque ou les critères de succès d'un projet.

Les approches quantitatives se subdivisent en deux types distincts : déterministes ou simulateurs.

Les approches quantitatives déterministes font appel à des raisonnements mathématiques pour analyser les paramètres importants du projet. Les formules et les règles de calcul simples ou élaborées aident l'obtention des résultats pour l'analyse. Nous pouvons énumérer,

entre autres, la formule pour le calcul de la durée moyenne d'une tâche et la loi Bêta pour calculer la probabilité de dépassement de la durée minimale d'exécution d'un projet par rapport à un seuil donné.

Les approches quantitatives simulatoires mettent l'accent sur les distributions statistiques découlant des techniques simulatoires pour une analyse probabiliste de quelques paramètres clés du projet comme sa durée et son coût. La méthode de Monte-Carlo est celle qui peut être citée comme exemple pour le calcul de la distribution de probabilités de la durée ou du coût du projet.

Par ailleurs, les approches qualitatives sont subdivisées en deux catégories distinctes en fonction de la possibilité d'utiliser des données pour plusieurs projets ou pour un projet spécifique. Ainsi :

Les approches qualitatives génériques permettent d'utiliser les concepts généraux à un ensemble de projets.

Les approches qualitatives dédiées fonctionnent en relation avec un projet à la fois, employant des concepts spécifiques à chacun d'eux.

Enfin, il nous reste à énumérer les approches qui sont spécifiques à une ou plusieurs catégories d'objectifs du projet : ces dernières sont principalement les coûts, les délais et les spécifications techniques. Nous distinguons donc les trois types d'approches suivants :

Celles qui analysent le risque de dépassement du coût du projet. Ces méthodes sont essentiellement utilisées lors de l'exécution du projet et font appel aux techniques de contrôle de gestion. Elles peuvent être de nature quantitative ou qualitative.

Celles qui analysent le risque de non-respect des performances techniques. Elles sont des approches qualitatives du risque.

Celles qui analysent le risque de non-respect des délais. Ces approches sont principalement de nature quantitative.

## I.5. Quelques outils logiciels

Dans le domaine de gestion de risque, il y a quelques outils logiciels sont développés et commercialisés par des sociétés spécialisées au cours des dernières années. La plupart reposent sur des approches stochastiques basées sur la méthode Monte Carlo :

Riskman® [Carter94] développée grâce à un financement européen et proposé avec l'outil de même nom par la société CR2A-DI® permet de constituer une base de données des risques (catalogue des risques) et d'effectuer des simulations sur le profil d'exposition du projet aux risques de dépassement de délai ou de coûts.

La gamme des logiciels @Risk® (for Project®, for Excel®) prennent en compte les facteurs d'incertitude dans les décisions et permettent de réaliser des simulations Monte Carlo couplés soit avec Microsoft Project® soit avec Microsoft Excel® (ou Lotus ). @Risk for project permet notamment de considérer les événements incertains, les "branch point" dans le réseau logique des tâches du projet, les incertitudes sur les durées des tâches, etc. @Risk for Excel s'appuie sur le tableau Excel pour constituer le modèle et définir les variables soumises aux incertitudes. Ces versions disposent de nombreuses lois de probabilité.

Riskproject®, logiciel basé que la norme AQ 924 permet de calculer la combinatoire des risques puis de propager les lois obtenues sur un planning;

CrystallBall®, de la société américaine Decisioneering, constitue une gamme de logiciels intégrée à l'environnement du tableur Excel de Microsoft et destinée à l'analyse des risques et des incertitudes associés aux modèles développés dans les feuilles de calcul.

Il existe également quelques logiciels de gestion de projet qui intègrent des modules probabilistes basés sur la méthode Monte Carlo qui permettent de prendre des incertitudes sur la durée des tâches :

Primavera® Multiprojets, multi-utilisateurs, il propose un contrôle avancé et total de la planification, de l'ordonnancement, de la gestion des ressources et des budgets de tous les projets de l'organisation.

Open Plan® , la solution de gestion de projet d'entreprise Open Plan propose également un

module de gestion des risques.

Lorsque de la planification d'un projet, le gestionnaire doit prendre un certain nombre de décisions simultanément, par exemple, distribution des dates d'exécution des différentes tâches, allocation des ressources au projet, etc. Le risque interférent est également important pour le gestionnaire, mais, il est souvent négligé.

## **I.6. La cindynique**

Si la gestion des risques est un processus fortement intégré dans le management des projets, les gestionnaires de projets semblent peu connaître ce que l'on appelle la cindynique ou encore la «science du danger» (du grec *kindynos*, « danger »). Née en 1987, la cindynique peut se définir comme la science visant à maîtriser les dangers en développant et en exploitant les outils, les méthodes et les techniques propres à améliorer et à optimiser la sécurité (plutôt industrielle, civile, nationale, mais également internationale).[Source Wikipédia]

La cindynique utilise souvent la notion d'événement non souhaité (ENS), et d'effet pervers. Son objectif est de répondre aux questions : Comment identifier le danger, comment le mesurer, quelles en sont les conséquences et comment le contourner ? La notion de risque est plus reliée à l'incertitude, tandis que la notion de cindynique est plus reliée à celle de danger. C'est cette dimension particulière qui nous a intéressé et qui est à l'origine de notre travail. En effet, dans certains type de projets, comme dans la construction navale ou le génie civil, cette notion de danger est fortement reliée aux activités menées conjointement par différents corps de métiers, et c'est ce qui s'appelle les risques de co-activité.

## **Chapter II. La gestion des risques de co-activité ou interférents**

### **II.1. Les risques reliés aux situations de co-activité**

En situation de projet, on peut être exposé à différents risques. Il existe plusieurs types de risques et on peut les répertorier en grandes familles : les risques décisionnels; les risques industriels et commerciaux; les risques technologiques de recherche et de développement ; les risques financiers; les risques politiques et les risques normatifs, etc.

Dans le domaine de l'industrie, celui du bâtiment et des travaux publics (BTP) est un secteur d'activité à hauts risques. Le BTP diffère des autres secteurs industriels par de nombreuses particularités : grand nombre de sous-traitants impliqués dans le projet, chacun des sous-traitants étant responsable de la gestion de ses risques tout en essayant de rencontrer ses propres échéanciers et en étant le plus efficace possible. Dans ce domaine de projet, comme dans d'autres domaines mais de manière moins évidente, les problèmes de santé et sécurité sont importants et plusieurs des accidents sont explicables par le fait que dans un même endroit, en même temps, des activités interférentes se réalisent et génèrent des possibilités d'accidents. C'est ce que nous appelons les risques de co-activité.

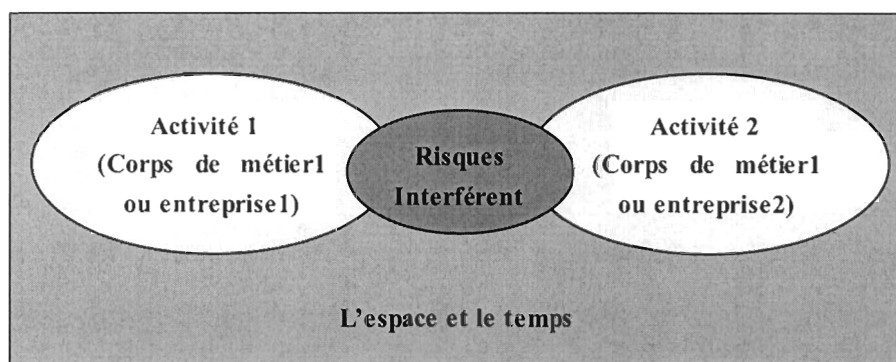
En effet, si le plus grand nombre d'accidents de travail a lieu sur les chantiers de BTP, leurs causes ont très souvent pour origine un événement antérieur aux travaux sur chantier. Il peut s'agir de risques liés à la conception et/ou à son adéquation au site, aux processus mis en oeuvre, aux problèmes organisationnels, etc...

Mais, de la co-activité peut naître des situations à risque même si, dans la littérature sur la gestion des risques, trop peu de littérature traite de ses risques liés aux situations de co-activité ou risques interférents. Nous nous intéressons, dans notre travail de recherche, à ce type de risques lié aux situations de co-activité.

Le terme « co-activité » peut s'expliquer de la façon suivante: dans un projet (de bâtiment ou de génie civil par exemple), sur un chantier localisé, durant la période de sa réalisation, il

existe des entreprises qui ont des activités simultanées et dans lequel divers corps de métiers travaillent ensemble. Autrement dit, divers corps de métiers ou entreprises sont amenés, dans ces projets, à réaliser des tâches différentes mais dans le même lieu et en même temps. Dans ce cas, il est très facile de susciter des risques interférents qui sont liés aux métiers (peintre, maçon, couvreur, grutier...) et aux activités de l'entreprise (pavillons, infrastructures de bâtiments, ponts ou routes...).

La figure9, illustre ce type de risque de co-activité ou interférent.



*Figure9 Les risques interférents ou de co-activité*

Lorsqu'il y a co-activité, différentes activités coexistent dans un même espace physique, les acteurs y travaillent côte à côte, et si cette proximité peut faciliter une collaboration fructueuse entre les personnes, elle peut également susciter des gênes, un parasitage de l'activité des uns par les autres, voire des risques pour la sécurité comme pour la qualité et la productivité du travail.

Conséquemment, pour préserver la santé et la sécurité des travailleurs et assurer la qualité et la productivité du travail, il est nécessaire d'évaluer a priori des risques interférents, sous la forme d'un diagnostic systématique et exhaustif en amont, puis de gérer ces risques. Un aménagement intelligent des espaces de travail, des mesures particulières de sécurité (casques ou masques de travail) peuvent faciliter les gestes, les procédures, la communication tout en permettant de diminuer les risques ou dangers d'interférence entre les

différents corps de métiers.

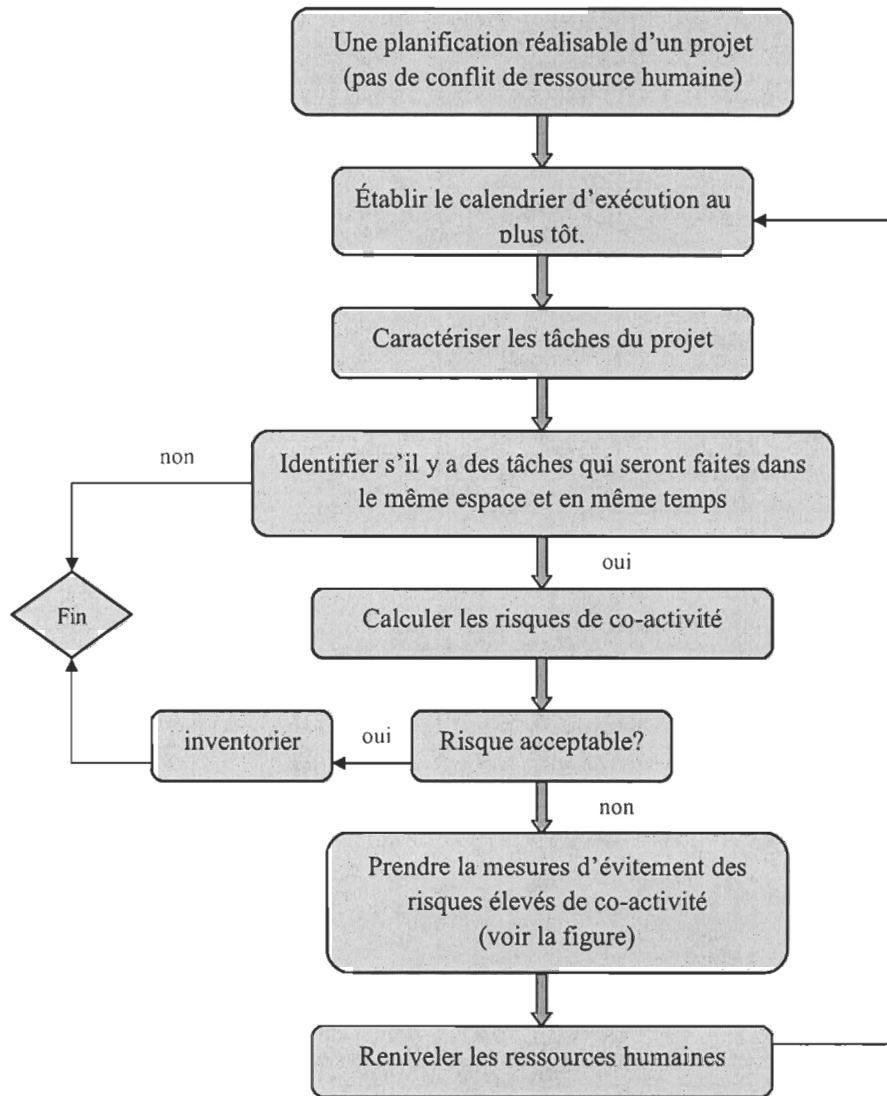
Le principal objectif de cette recherche vise à proposer une démarche de gestion, durant la phase de planification du projet, des risques liés aux situations de co-activité. L'étude vise spécifiquement à offrir un outil au gestionnaire de projet qui travaille dans le domaine de l'industrie du bâtiment et des travaux publics ou à celui qui cherche à analyser et à diminuer les risques interférents dans leurs projets. Notons qu'il existe, depuis 2000, un outil spécifique d'analyse du risque de co-activité et d'aide à la décision nommé Cindy-Risk®. Cet outil<sup>1</sup>, assez simple d'utilisation, ne fait pas appel à des algorithmes statistiques mais permet de signaler les risques de co-activité. Maintenant, cet outil est peu connu et n'est pas documenté dans la littérature scientifique ou autre. Il n'existe, à notre connaissance, aucun autre document qui se penche directement sur ce problème de co-activité et cela sans doute parce que ce problème semble plus relever de la sécurité que de la gestion des risques. Pourtant, ces situations de co-activité se retrouvent dans nombre de projets (construction navale, génie civile, etc..) et il nous apparaît qu'il est très important, dans la phase de planification d'un projet, de tenir compte formellement de ces risques afin d'éviter, en phase de réalisation, des accidents possibles.

## **II.2. Proposition d'une démarche de gestion des risques liés aux situations de co-activité**

La gestion des risques liés aux situations de co-activité est un processus complexe qui consiste à déterminer les activités sujettes à risque, à évaluer l'amplitude de ces risques et à prendre, si nécessaire, des mesures d'évitement de ces risques. Cette démarche peut être illustrée par la figure 10 suivante :

---

<sup>1</sup> **CINDY-RISK®**, 21 Rue Bissardon, 69300 Caluire, France, [grancher@AOL.com](mailto:grancher@AOL.com). Leroy, D. de l'IAE de Lille, France, a participé à la conception de ce logiciel.



*Figure10 Le management des risques liés aux situations de co-activité*

### II.2.1. Établir le calendrier d'exécution au plus tôt.

Comme notre démarche vise à gérer les risques de co-activité durant la phase de planification du projet, la première étape consiste à établir le calendrier d'exécution au plus tôt en appliquant le modèle du chemin critique. Ensuite, on calcule la marge totale de chacune des tâches. La marge totale d'une tâche est la différence entre la date au plus tôt et la date au plus tard d'une tâche. Les tâches possédant une date au plus tôt égale à leur date



au plus tard font partie du chemin critique, c'est-à-dire le chemin sur lequel aucune tâche ne doit avoir de retard pour ne pas retarder l'ensemble du projet. A l'intérieur de la marge totale d'une tâche, on peut déplacer la tâche sans modifier la date de terminaison du projet. Le détail des calculs des dates au plus tôt et au plus tard est présenté dans la figure 11. La notation utilisée dans notre document est la suivante :

- ↓  $i$  indice des tâches;  $i = 1, \dots, N$
- ↓  $t$  indice des périodes;  $t = 1, \dots, H$  ( $H$  est la date limite de fin du projet)
- ↓  $E_i$  date de fin au plus tôt de la tâche  $i$
- ↓  $T$  date de fin au plus tôt du projet si l'on fait l'hypothèse que les ressources sont illimitées
- ↓  $L_i$  date de fin au plus tard de la tâche  $i$
- ↓  $P_i$  ensemble des prédécesseurs immédiats de la tâche  $i$
- ↓  $S_i$  ensemble des successeurs immédiats de la tâche  $i$
- ↓  $R_{ij}$  la valeur de risque interférent entre deux tâches

Dates au plus tôt :	
$E_i = \max\{0, \max_{p \in P_i} (E_p)\} + d_i$	$; i = 1, \dots, N$
$D = \max_i \{E_i\}$	
Date au plus tard :	
$L_i = \min\{T, \min_{s \in S_i} (L_s - d_s)\}$	$; i = 1, \dots, N$
Marge :	
Marge totale = $L_i - E_i$	$; i = 1, \dots, N$
Marge libre = $\min\{T, \min_{s \in S_i} (E_s - d_s)\} - E_i$	$; i = 1, \dots, N$
Où :	
$D$	est la durée minimale du projet
$T$	est la durée souhaitée pour la réalisation du projet; $T \geq D$
$d_i$	est la durée de la tâche $i$

**Figure 11 Procédure CPM**

## II.2.2. Caractériser les tâches du projet

De manière générale, lors de la phase de planification d'un projet, le gestionnaire planifie le délai, le coût et les ressources humaines. Néanmoins, l'espace physique de travail est également très important à considérer pour le gestionnaire de projet, notamment lorsque l'on désire gérer les risques liés aux situations de co-activité. Donc, on propose d'indiquer, dans le planning du projet et en plus des durées et des ressources nécessaires à la réalisation des tâches, les espaces ou lieux dans lesquels elles doivent être réalisées. Cette indication est indispensable pour identifier des tâches qui peuvent former les co-activités.

Selon les temps et les espaces qui sont attachés aux tâches, on peut savoir quelles sont les tâches qui peuvent former des co-activités. C'est-à-dire identifier les tâches qui seront réalisées dans le même espace physique et en même temps (dans la même période de temps). Pour cette étape, on propose une formulation mathématique qui pourrait être utilisée afin de modéliser ce problème.

Soit  $A_t = [T_j]$  le vecteur qui, pour la période de temps  $(t+\Delta t)$ , associe la valeur  $T_i=1$  si la tâche  $T_i$  est en cours de réalisation durant cette période, sinon on associe la valeur  $T_i=0$ .

$$A_t = [T_j] = [T_1 \quad \dots \quad T_j]$$

$B = [T_j E_m]$  est la matrice Tâche-Espace. Si la tâche  $T_j$  est faite dans l'espace  $E_m$ , on donne le valeur 1 à l'élément  $T_j E_m$ , sinon, 0.

$$B = [T_j E_m] = \begin{bmatrix} T_1 E_1 & \dots & T_1 E_l & T_1 E_m \\ \vdots & \dots & \dots & \vdots \\ \vdots & \dots & \ddots & \vdots \\ T_j E_1 & \dots & \dots & T_j E_m \end{bmatrix}$$

De la même façon, les ressources humaines des tâches sont les éléments de la matrice C, Si la ressource humaine  $R_k$  est attachée à la tâche  $T_j$ , le valeur de  $T_j R_k$  sera 1, sinon la valeur sera 0.

$$C=[T_j R_k] = \begin{bmatrix} T_1 R_1 & \dots & \dots & T_1 R_k \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \ddots & \dots \\ T_j R_1 & \dots & \dots & T_j R_k \end{bmatrix}$$

Pour savoir s'il y a des tâches qui sont en cours de réalisation durant la même période de temps et dans le même espace physique, on multiplie la matrice A par la matrice B, cela donne une nouvelle matrice E\*. Si un des élément de la matrice E\*,  $a_i=n$ , cela veut dire qu'il existe n tâches seront faite dans l'espace  $E_L$ .

$$E^* = AB = [T_j][T_j E_m] = \begin{bmatrix} T_1 & \dots & \dots & T_j \end{bmatrix} \begin{bmatrix} T_1 E_1 & \dots & T_1 E_l & T_1 E_m \\ \vdots & \dots & \dots & \vdots \\ \vdots & \dots & \ddots & \vdots \\ T_j E_1 & \dots & \dots & T_j E_m \end{bmatrix} = [a_1 \dots a_l a_m]$$

Pour trouver quelles tâches seront faites pendant la période de temps  $t+\Delta t$  dans l'espace  $E_L$ , il suffit de calculer  $[T_j^T] \times [T_j E_l]$  où  $[T_j^T]$  est le vecteur transposé du vecteur A. Ainsi,

$$A^T = [T_j^T] = \begin{bmatrix} T_1 \\ \vdots \\ \vdots \\ T_j \end{bmatrix} \quad \text{et} \quad T_{E_l}^{**} = [T_j^T] \times [T_j E_l] = \begin{bmatrix} T_1 \\ \vdots \\ \vdots \\ T_j \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} T_1 E_l \\ \vdots \\ \vdots \\ T_j E_l \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_1 \\ \vdots \\ b_i \\ b_j \end{bmatrix}$$

Si un des éléments de la matrice  $T_{E_l}^{**}$ ,  $b_i=1$ , cela veut dire la tâche  $T_i$  sera réalisée dans l'espace physique  $E_L$ . Par exemple, si  $b_1=1$ ,  $b_i=1$  et  $b_j=1$ , on peut savoir que les tâches  $T_1, T_i$  et  $T_j$  seront réalisées en même temps dans l'espace  $E_L$ .

Grâce aux calculs présentés ci-dessus, il est alors possible de trouver dans quelles périodes il peut y avoir des risques de co-activité et de savoir quelles sont les tâches qui sont sources potentielles de risques interférents. Autrement dit, par ces calculs, il est aisé de déterminer les tâches qui seront réalisées dans le même espace en même temps.

### II.2.3. Calculer et évaluer des risques interférents

Par les calculs précédents, on est alors à même de constater l'existence de situations de co-activité. Il est maintenant nécessaire de calculer et d'évaluer ces risques interférents. Nous proposons de procéder à cette évaluation en suivant une démarche qui comprend deux étapes.

Premièrement, selon les ressources humaines qui sont attachés aux tâches, on calcule pour savoir quels types de ressources travailleraient ensemble. Pour y arriver, on propose les formulations mathématiques suivantes.

Les résultats de l'étape précédente permettent de savoir quelles tâches seront réalisées ensemble. Si on reprend l'exemple ci-dessus:  $T_i, T_i$  et  $T_j$  sont réalisées durant la même période de temps et dans le même espace physique. Les sous-matrices  $[T_i R_k]$ ,  $[T_i R_k]$  et  $[T_j R_k]$  de la matrice  $[T_j R_k]$  permettent de savoir quelles ressources humaines sont attachées à chacune tâche.

Par la suite, on relie  $[T_i R_k]$ ,  $[T_i R_k]$  et  $[T_j R_k]$  par l'intermédiaire de l'opérateur logique OU, on a donc :  $D = [T_i R_k] + [T_i R_k] + [T_j R_k] = [c_1 \quad \dots \quad c_i \quad c_j]$ ,

Si un des élément de la matrice D,  $c_i = 1$ , cela veut dire que la ressource humaine  $R_i$  travaillera dans l'espace  $E_L$  pendant la période de temps  $t + \Delta t$ .

Par exemple, si les trois élément de la matrice D,  $c_1 = 1$ ,  $c_i = 1$  et  $c_j = 1$ , cela veut dire que les trois ressources  $R_1$ ,  $R_i$  et  $R_j$  travailleraient ensemble dans l'espace  $E_L$  pendant la période de temps  $t + \Delta t$ .

Deuxièmement, après avoir identifié les ressources humaines qui vont travailler ensemble, on évalue les risques selon l'échelle de risque. Cette évaluation des risques peut être basée sur l'expérience ou encore reposée sur le code de travail.

Dans notre exemple, et sans entacher la généralisation de nos résultats, l'échelle d'évaluation des risques comportera quatre niveaux : (ceci est un exemple mais on pourrait concevoir une autre échelle)

- ⚡ Nul ;
- ⚡ faible : accident du travail ou maladie professionnelle sans arrêt de travail ;
- ⚡ moyen : accident du travail ou maladie professionnelle avec arrêt de travail ;
- ⚡ élevé : accident du travail ou maladie professionnelle entraînant une incapacité permanente partielle ou mortelle.

Pour le même exemple présenté ci-dessus, et selon l'échelle de risque choisie, on peut alors définir le niveau de risque de co-activité entre les ressources humaines  $R_1$  et  $R_i$ ,  $R_i$  et  $R_j$ ,  $R_1$  et  $R_j$ .

L'évaluation des risques ne constitue pas une fin en soi. Elle trouve sa raison d'être dans les actions de prévention qu'elle va susciter. Sa finalité n'est donc nullement de justifier l'existence d'un risque, quel qu'il soit, mais, bien au contraire, de mettre en oeuvre des mesures effectives, visant à l'élimination des risques, conformément aux principes généraux de prévention.

Si l'on identifie des risques interférents dans la planification d'un projet, alors on prendra des mesures de contingence ou de mitigation des risques et ce, en vertu de l'amplitude calculée de ces risques.

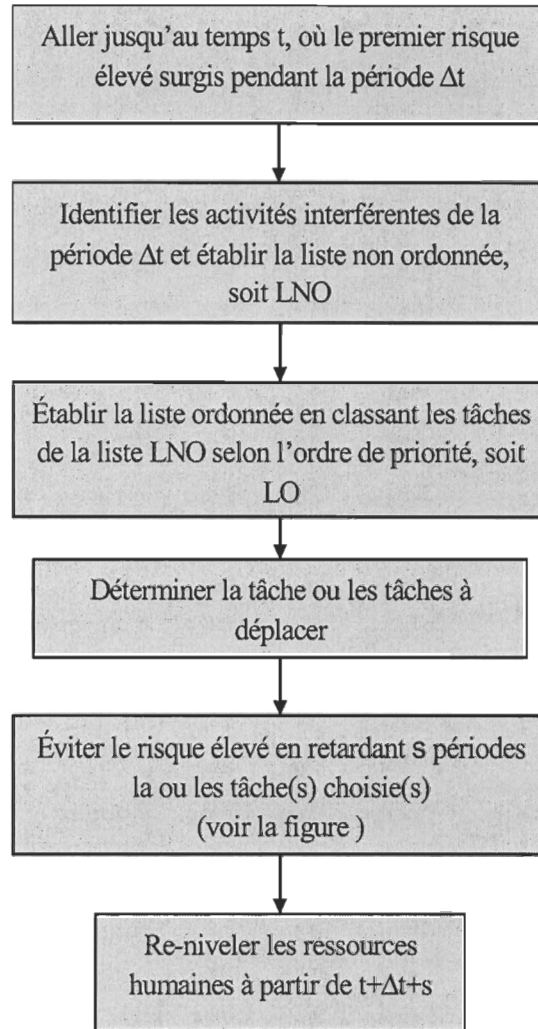
Pour les risques faibles et moyens, on peut, par exemple, simplement les inventorier pour qu'en cours de réalisation du projet, le gestionnaire en soit conscient et informé.

Pour les risques élevés, sans doute serait-il important que le gestionnaire de projet prenne dès maintenant des mesures de mitigation ou d'évitement de ces risques.

Bien évidemment qu'il ne s'agit ici que de recommandations et que dans un cas réel, celles-ci se doivent d'être discutées et documentées. L'idée de notre démarche est encore une fois de donner au gestionnaire de projet l'information la plus riche qui soit en regard des risques de co-activité et d'être à même de lui proposer des ordonnancements qui permettent de réduire les risques trop élevés de co-activité.

#### II.2.4. Mesures d'évitement des risques élevés de co-activité

Les mesures d'évitement des risques élevés de co-activité suivent un processus spécifique et sont illustrées dans la figure12 suivante.

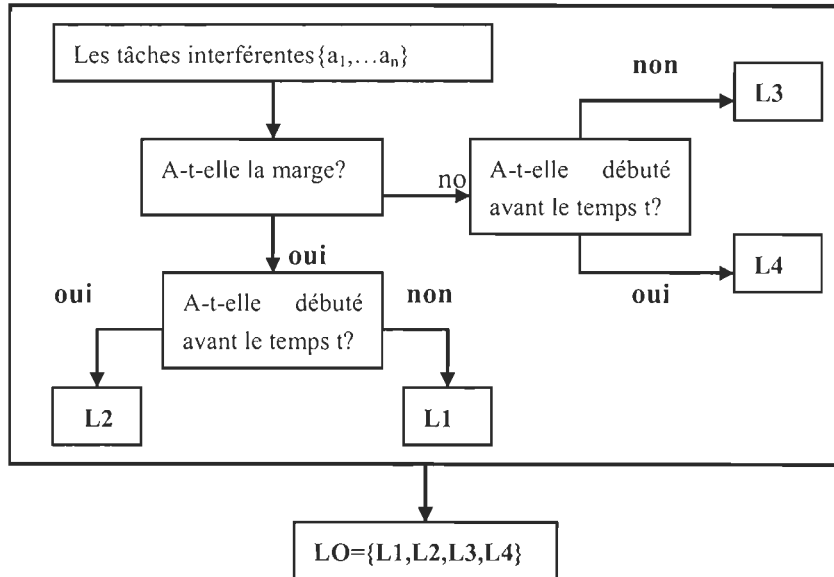


*Figure12 Évitement des risques trop élevés de co-activité*

Le cadre général de la mesure d'évitement des risques élevés est présenté dans la figure11, le processus commence au premier temps t où un risque élevé a été identifié selon la démarche

précédente et cela, pendant une période  $\Delta t$ . Ensuite, on identifie les activités interférentes de cette période  $\Delta t$  et on établit la liste non ordonnée de celles-ci, soit  $LNO = \{T_1, \dots, T_n\}$ .

L'étape suivante consiste à établir la liste ordonnée en classant les tâches de la liste LNO selon l'ordre croissant de leur marge totale et de leur date de début, soit LO. La procédure permettant d'établir la liste LO est donnée dans la figure 13 .



**Figure13** Procédure de priorisation des tâches

La procédure d'établissement de la liste LO peut être présentée comme suit:

il existe deux types de tâches:

- (a) celles avec de la marge totale;
- (b) celles sans marge totale, donc critiques;

Il est donc, dans la mesure du possible, préférable de déplacer les tâches qui ont de la marge totale, parce que leur déplacement aura moins d'incidence sur le projet que le déplacement des tâches critiques. Cependant, il existe des cas où on se trouve dans l'obligation de déplacer des tâches critiques. Selon la logique et la hiérarchie définie dans la figure 12, il est souhaitable de procéder au déplacement d'une tâche avec de la marge.

Maintenant, les tâches ayant de la marge totale ou étant critiques, peuvent être subdivisés en

deux types :

(i) celles qui ont débuté avant le temps  $t$

(ii) celles qui n'ont pas débuté avant le temps  $t$ ,

Alors, nous proposons comme souhaitable de déplacer prioritairement celles qui ne sont pas débutées au temps  $t$ , et ceci, que ce soit pour des tâches critiques ou des tâches possédant une marge totale non nulle.

Les tâches interférentes sont ainsi rangées dans la liste ordonnée LO par ordre de priorité et selon les critères que nous avons énoncés précédemment. Ainsi,  $LO = \{L_1, L_2, L_3, L_4\}$  représente l'ordre dans lequel les tâches seront par la suite déplacées afin d'éviter les risques élevés de co-activité.

Concrètement, on va choisir la tâche à déplacer selon l'ordre de LO comme suit :  $L_1 \rightarrow L_2 \rightarrow L_3 \rightarrow L_4$ . Si il n'y a pas de tâche correspond à la situation de  $L_1$ , on passe à  $L_2$  comme la tête de la liste LO, ainsi de suite. Dans le cas où deux tâches seulement génèrent un risque interférent élevé, on va retarder directement la tâche qui est en tête de la liste LO. Dans le cas où plus que deux tâches génèrent des risques interférents élevés, il est possible de choisir une ou plus qu'une tâche à déplacer pour éviter le risque interférent élevé. Par exemple, choisir deux ou trois tâches à déplacer simultanément. Néanmoins, il est à noter que, dans la pratique, nous pensons qu'il sera plutôt rare que de nombreuses tâches se réalisant ensemble puissent générer des risques de co-activité.

Ainsi, une fois la liste de priorité établie, il faut maintenant déterminer la tâche ou les tâches à déplacer afin d'éviter le risque élevé pendant cette période. Le cadre général de cette procédure est donné dans la figure 14.



Répéter tant qu'il y a plus que deux risques interférents élevés pendant la période  $\Delta t$

Avancer jusqu'à la première période où le premier risque élevé surgit, soit  $\Delta t$  cette période

Établir la liste non ordonnée des tâches qui sont exécutées au cours de  $\Delta t$ , soit  $LNO = \{T_1, \dots, T_n\}$

Établir la liste ordonnée en classant les tâches de la liste LNO selon l'ordre de priorité, soit LO

Répéter tant qu'il reste des tâches dans la liste LO

Retarder la tâche en tête de la liste LO de  $\Delta t$  période

Recalculer le risque interférent de la période  $\Delta t$

Enregistrer le résultat dans la liste LV (la tâche qui est déplacée et le nouveau valeur de risque interférent de cette période)

Reporter la tâche déplacée au temps de son début initial

Éliminer la tâche en tête de la liste LO

Fin de la répétition

Si un des éléments de la liste LV < 3, alors

Enregistrer la tâche, les risques élevés peuvent être évités par le déplacement de laquelle

Mettre à jour la marge totale des tâches déplacée et leurs successeurs

Si tous les éléments de la liste LV = 3 (risque élevé), alors

Répéter tant qu'il y a encore des possibilité de combinaison des tâches

Commencer combiner des tâches par 2 à 2 jusqu' à (n-1) à (n-1)

Établir une liste des combinaisons selon l'ordre croissant de le nombre de tâche , soit LC

Répéter tant qu'il reste des éléments dans la liste LC

Retarder l'élément en tête de la liste LC  $\Delta t$  période

Recalculer le risque interférent de la période  $\Delta t$

Enregistrer le résultat dans la liste LV' (les tâches qui sont déplacée et les nouveaux valeurs correspondants de risque interférent de cette période)

Reporter les tâches déplacée au temps de leurs débuts initiales

Éliminer l'élément en tête de la liste LC

Fin de la répétition

Si un des éléments de la liste LV' < 3, alor

Enregistrer les tâches, le risque élevé peut être éviter par le déplacement de laquelle

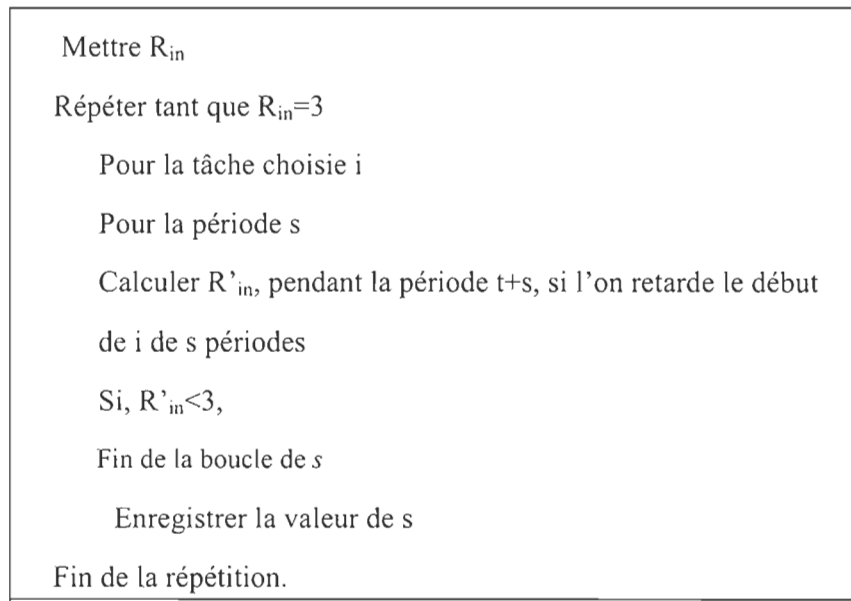
Mettre à jour la marge totale des tâches et leurs successeurs

Fin de la répétition

Fin de la répétition

**Figure14** Procédure de détermination de la (des) tâche à déplacer

Après avoir déterminé la tâche (ou les) à déplacer, on calcule la période  $s$  de déplacement de la tâche permettant d'éviter le(s) risque(s) entre les tâches interférentes. La procédure de calcul de cette période  $S$  de déplacement est présentée dans la figure 15.



**Figure 15** Procédure de détermination de la période  $S$  de déplacement

Il est à noter que si la taille de la marge totale de la tâche est inférieure à la durée de temps  $S$ , les dates de ses successeurs vont aussi être retardées et il donc fort possible que la durée du projet soit allongée. Cela n'est pas surprenant car de fait, cet allongement de la durée du projet est du à la réduction des risques de co-activité. On pourrait même voir, dans cet allongement du projet, une mesure, en terme de coût, de la valeur du risque de co-activité. Tout ce processus se termine ensuite par un re-nivellement des ressources humaines à partir de  $t+\Delta t$ , puisque de fait, l'ordonnancement a été modifié et qu'alors de possibles conflits de ressources soient apparus.

### **Nivellement des ressources humaines**

Après avoir réglé le problème de risque de co-activité, de la période  $\Delta t$ , en déplaçant certain(s) tâche(s), il est probable que l'on ait créé de nouveaux conflits de ressources humaines (qui avaient été allouées aux différentes tâches lors de la planification initiale). Il est donc, nécessaire de niveler de nouveau les ressources humaines selon à partir de  $t+\Delta t$  et ce, jusqu'à la fin du projet.

Le processus de nivellement des ressources humaines peut, en retour, créer de nouveaux risques interférents. Dans ce cas, il est donc obligatoire de procéder à une itération par laquelle on recommence ces mêmes étapes selon la boucle illustrée sur la figure9. Cette itération doit être répétée jusqu'à ce que les risques interférents deviennent acceptables et qu'il n'y a plus de conflit de ressource humaine.

## **II.3. Illustration sur un exemple didactique**

### **II.3.1. Introduction**

Pour illustrer notre démarche de gestion des risques interférents , nous nous proposons de présenter un petit exemple didactique d'un projet se réalisant dans 3 espaces physiques différents (E1 à E3), comprenant 10 activités différentes (T1 à T10) réalisées par 4 types de ressources (R1 à R4). Nous allons débiter notre procédure de gestion des risques interférents à partir d'une planification réalisable de ce projet, soit une planification où il n'y a pas de conflit de ressources. Dans cette planification, les tâches T<sub>2</sub>, T<sub>5</sub>, T<sub>8</sub> et T<sub>10</sub> sont les tâches critiques. Les espaces physiques, les durées et les ressources sont illustrés sur le diagramme de Gantt suivant (figure16). Nous avons simulé un projet débutant le 09/10/2006 et un calendrier basé sur 5 jours ouvrables par semaine.

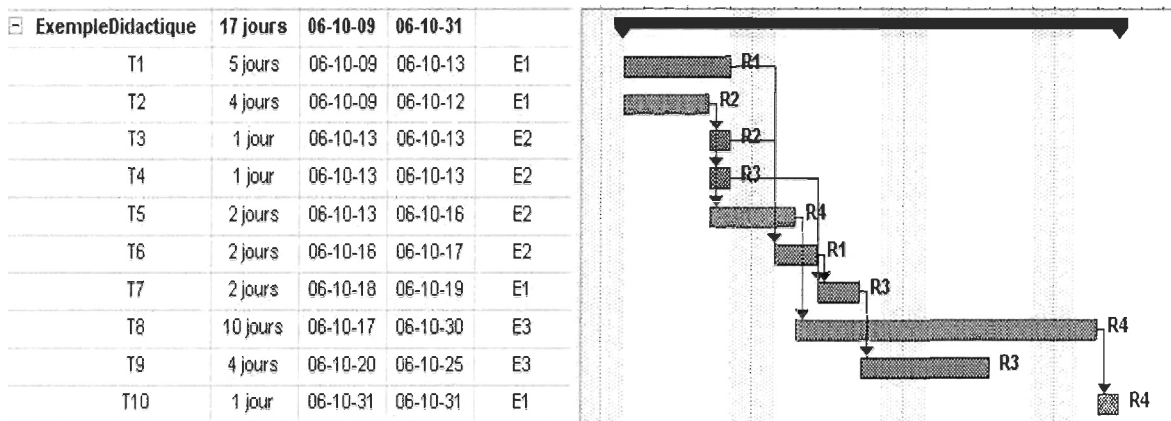


Figure16 Le diagramme de Gantt de la planification initiale du projet

Les relations entre les tâches, les dates au plus tôt et plus tard de chacune des tâches sont représentées dans le diagramme PERT de la figure 17.

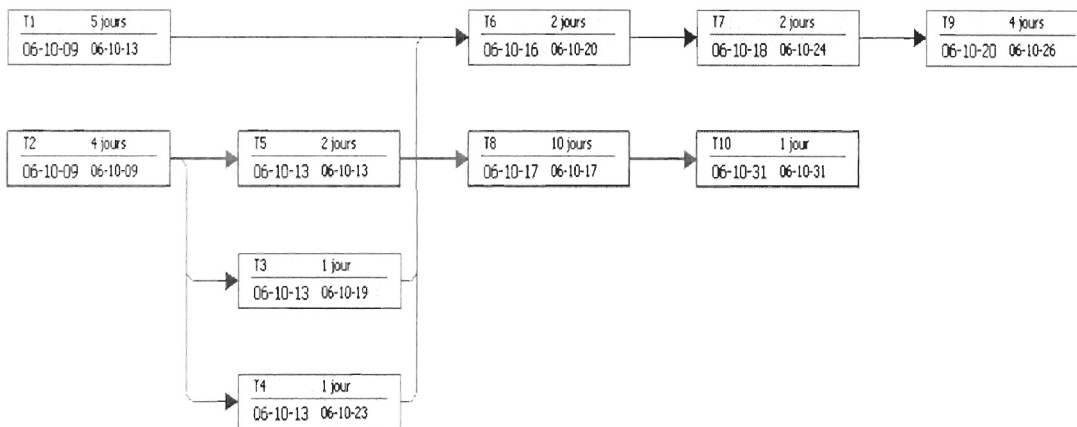


Figure17 Le diagramme PERT de l'exemple didactique

### II.3.2. Détermination des profils de risque de co-activité pour le projet

Pour cet exercice didactique, la période que nous utiliserons sera de un jour ouvrable. Le projet en comporte donc ici 17. Pour illustrer de quelle manière se calculent les risques interférents, positionnons nous, par exemple, à la cinquième journée. Pendant cette période 5, il y a quatre tâches  $T_1, T_3, T_4$  et  $T_5$  qui seront réalisées en même temps. Pour cela, on l'exprime sous la forme vectorielle  $A = [1 \ 0 \ 1 \ 1 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0]$  avec la notation que nous avons retenue.

Selon la planification du projet, on sait qu'il y a trois espaces où les tâches s'exécuteront. En mettant ces vecteurs images sous la forme de matrices, on obtient B,

	E1	E2	E3
$T_1$	1	0	0
$T_2$	1	0	0
$T_3$	0	1	0
$T_4$	0	1	0
$T_5$	0	1	0
$T_6$	0	1	0
$T_7$	1	0	0
$T_8$	0	0	1
$T_9$	0	0	1
$T_{10}$	1	0	0

$$\rightarrow B = [T_j E_m] = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

De même façon, on établit la matrice les tâches combinées aux ressources, on obtient la matrice C,

	R1	R2	R3	R4
T <sub>1</sub>	1	0	0	0
T <sub>2</sub>	0	1	0	0
T <sub>3</sub>	0	1	0	0
T <sub>4</sub>	0	0	1	0
T <sub>5</sub>	0	0	0	1
T <sub>6</sub>	1	0	0	0
T <sub>7</sub>	0	0	1	0
T <sub>8</sub>	0	0	0	1
T <sub>9</sub>	0	0	1	0
T <sub>10</sub>	0	0	0	1

$$\rightarrow C=[T_j R_k] = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Pour savoir combien et quelles tâches seront réalisées dans le même espace durant cette période de temps 5 choisie, on multiplie la matrice A ([T<sub>j</sub>]) par la matrice B ([T<sub>j</sub>E<sub>m</sub>]), soit

$$E^* = T_j \times [T_j E_m] = [1 \ 0 \ 1 \ 1 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0] \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} = [1 \ 3 \ 0]$$

Le résultat s'interprète de la manière suivante : pendant la période de temps 5, il y a une, trois et zéro tâches qui seront réalisées simultanément dans les espaces physiques E<sub>1</sub>, E<sub>2</sub> et E<sub>3</sub> respectivement. Le problème de risque interférent peut apparaître s'il y a au moins 2 tâches effectuées en même temps dans le même espace physique, et dans notre exemple, ce peut être dans l'espace 2. Maintenant, il est intéressant de savoir quelles sont les trois tâches qui

seront faites en même temps dans l'espace  $E_2$ , car selon le type de ressources qu'elles mobilisent, le risque interférent qui en découle peut être plus ou moins important. Pour répondre à cette question, on transpose le matrice A que l'on multiplie par le vecteur espace  $[T_j E_2]$ .

$$A^T = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad T_{E1}^{**} = A^T \times [T_j E_2] = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Selon le résultat, on peut savoir que dans l'espace  $E_2$ , trois tâches  $T_3$ ,  $T_4$  et  $T_5$  seront réalisées ensemble.

Jusqu'à cette étape, on a déjà trouvé quelles tâches seront faites en même temps dans le même espace. Autrement dit, il existe de la co-activité durant cette période 5 et ce, dans l'espace physique 2. Avant de calculer l'indice de risque interférent, il faut calculer quelles ressources vont travailler ensemble dans cet espace physique 2.

$$C=[T_jR_k]=\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix},$$

On peut extraire de C les vecteurs  $[T_3R_k]=[0 \ 1 \ 0 \ 0]$ ,  $[T_4R_k]=[0 \ 0 \ 1 \ 0]$  et  $[T_5R_k]=[0 \ 0 \ 0 \ 1]$ . En additionnant ces vecteurs extraits de C, soit  $[T_3R_k]$ ,  $[T_4R_k]$  et  $[T_5R_k]$  on obtient  $[T_3R_k]+[T_4R_k]+[T_5R_k]=[0 \ 1 \ 1 \ 1]$ . Ce résultat signifie alors que les ressources R<sub>2</sub>, R<sub>3</sub> et R<sub>4</sub> vont travailler dans l'espace E<sub>2</sub> durant la même période de temps 5.

Pour évaluer le risque de co-activité qui en résulte, nous allons supposer que les risques interférents entre les ressources de ce projet peuvent être évalués sur une échelle de gravité en 4 points, de 0 à 3. Dans notre exemple, ces risques sont ceux donnés dans le tableau suivant. Ainsi, il n'y a aucun risque interférent entre les ressources R1 et R3, mais un risque interférent élevé entre les ressources R3 et R4.

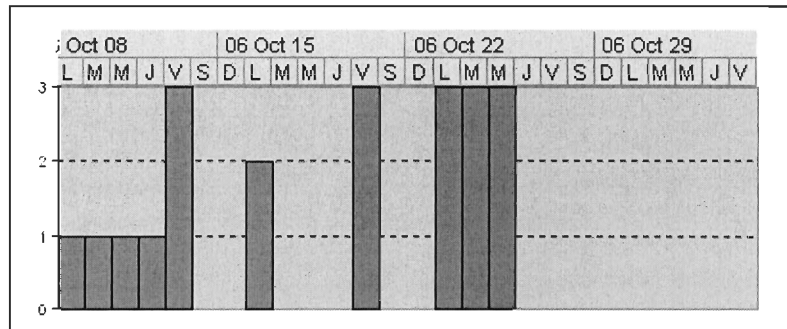
	R1	R2	R3	R4
R1		1	0	2
R2			2	1
R3				3
R4				

Selon cette échelle des risques, on peut donc en conclure que les risques interférents dans l'espace E<sub>2</sub> sont :



- ✚ Entre R<sub>2</sub>et R<sub>3</sub>=2
- ✚ Entre R<sub>3</sub>et R<sub>4</sub>=3
- ✚ Entre R<sub>2</sub>et R<sub>4</sub>=2

Pour évaluer le risque interférent global, soit celui résultant des activités conjointes dans le même espace physique 2, durant la même période 5 et entre les ressources R2, R3 et R4, on doit agréger les risques interférents évalués ci-dessus. Pour ce faire, on a opté, dans cet exemple, pour un opérateur qui est le maximum. Le risque interférent global dans l'espace E<sub>2</sub> durant la période 5 est donc égal au  $\text{Max}([2 \ 3 \ 2])=3$ , ce qui représente un risque élevé, donc inacceptable. Par cette même procédure, on peut calculer les risques interférents de ce projet pendant toute sa durée et on obtient alors le profil de risque interférent global de la figure18.



**Figure18 Profil du risque interférent global pour tout le projet**

Maintenant, ce profil global provient du calcul pour tous les espaces possibles dans lequel le projet s'exécute. Si le calcul du risque interférent était fait par espace physique, on aurait obtenu les données des figures 19 à 21.

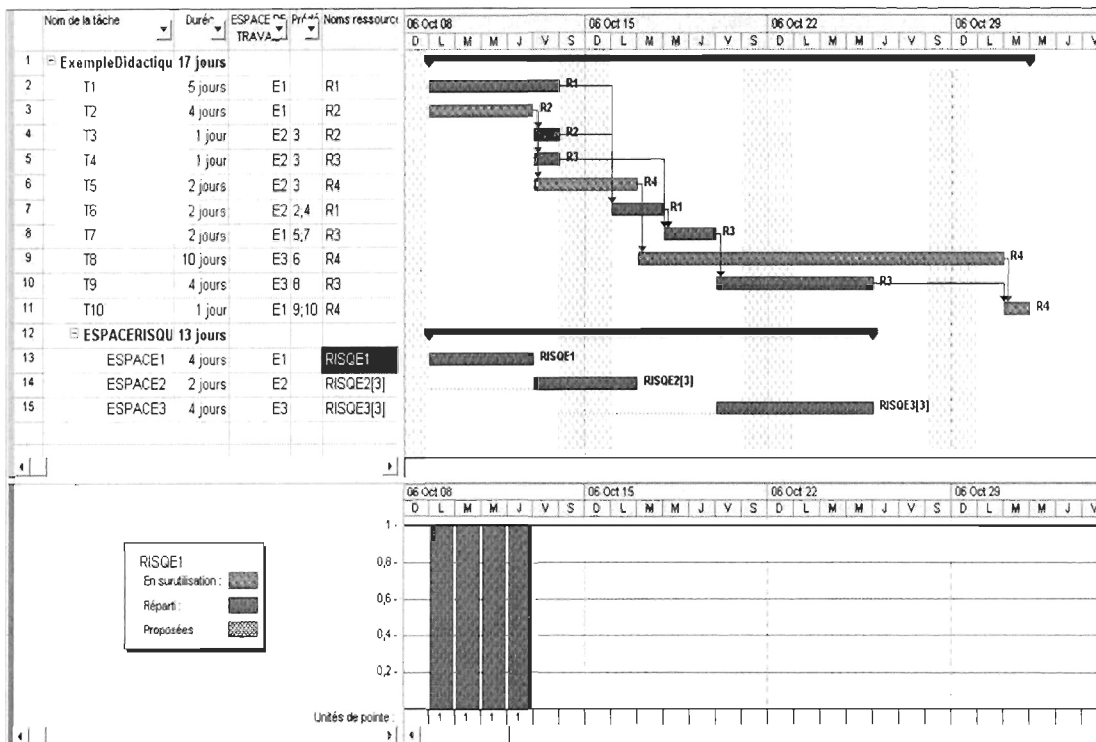


Figure19 Profil du risque interférent global pour l'espace 1

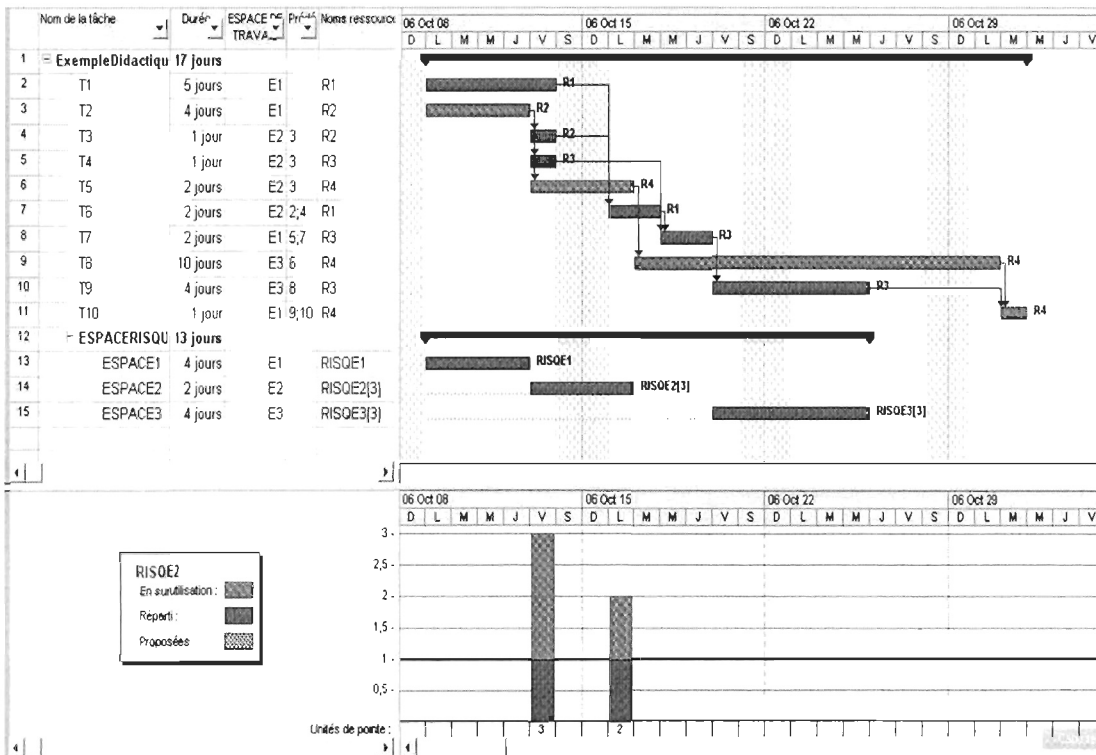


Figure20 Profil du risque interférent global pour l'espace 2

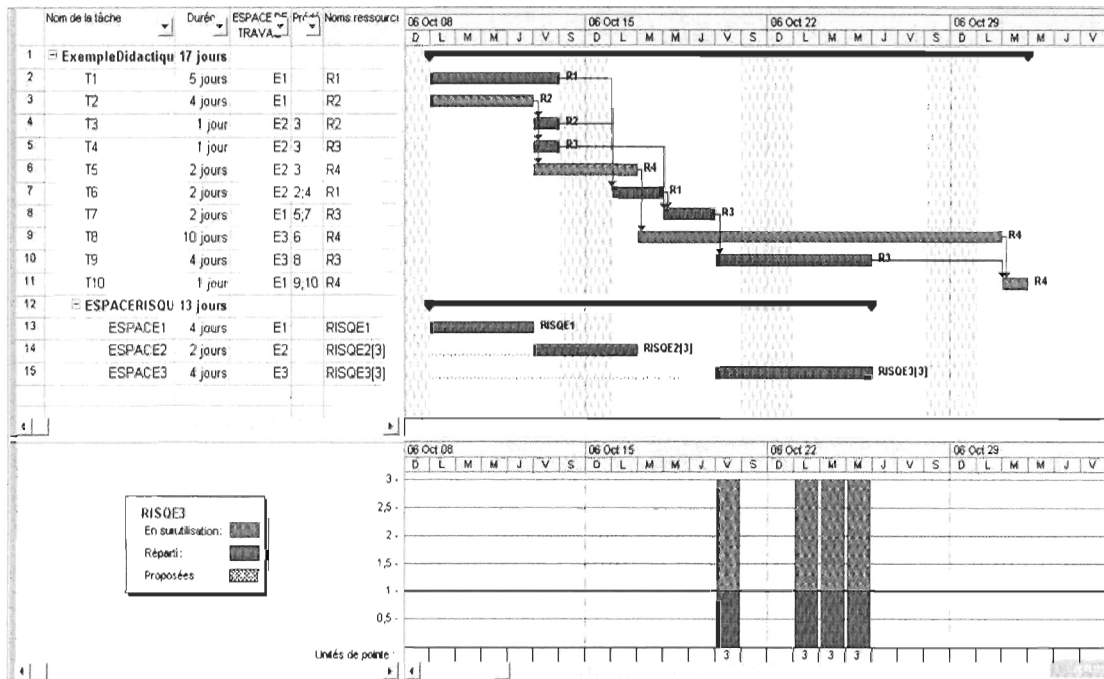


Figure21 Profil du risque interférent global pour l'espace 3

### II.3.3. Application de la démarche d'évitement des risques de co-activité

La question qui se pose maintenant est celle de la gestion de ces risques interférents. Pour notre exemple, nous allons supposer que seuls les risques élevés sont inacceptables. On choisira alors une approche de re-planification du projet afin d'éviter ces risques élevés. On aurait pu concevoir qu'il soit possible de mettre des mesures de mitigation de ces risques. Cela fera l'objet de développements futurs.

La figure18 permet de savoir que le 'premier' risque interférent élevé surgi pendant la cinquième journée dans la planification initiale de ce projet. On va modifier notre ordonnancement afin d'éviter ce risque et cela, selon la procédure de la figure12.

On utilise le processus de priorisation des tâches de la figure13 afin de déterminer quelle tâche il faut décaler en premier. Ainsi, selon que les tâches aient ou non de la marge, qu'elles soient ou non débutées (figure22), on en arrive à prioriser les tâches à déplacer (figure23).

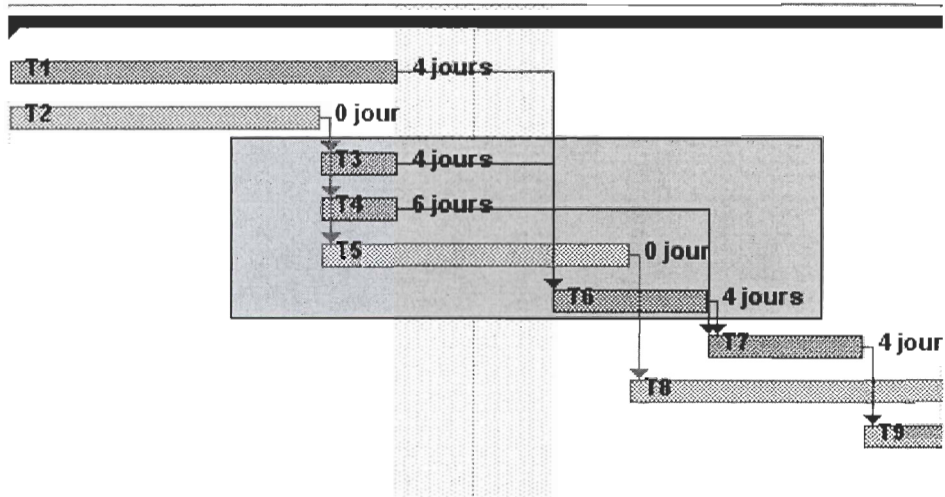


Figure 22 Tâches interférentes et marges à la période de temps 5

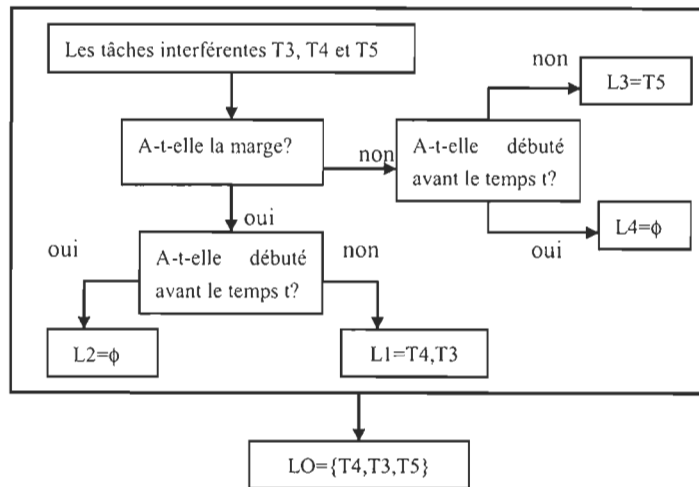


Figure 23 Priorisation des tâches à déplacer

Maintenant que l'on a déterminé que la première tâche à déplacer est T4, il s'agit de définir de combien de période il faut la déplacer. Pour ce faire, on utilise la procédure de la figure 15. Celle-ci nous permet de déterminer qu'il faut retarder la tâche T4 de deux jours, ce qui est inférieure à sa marge totale. Ce déplacement permet donc d'éviter le risque élevé de co-activité entre les deux tâches T4 et T5. On observe, suite à ce déplacement, les situations des figures 24 à 27 relativement aux profils de risque interférent selon les différents espaces physiques E1 à E3, puis globalement pour tout le projet.

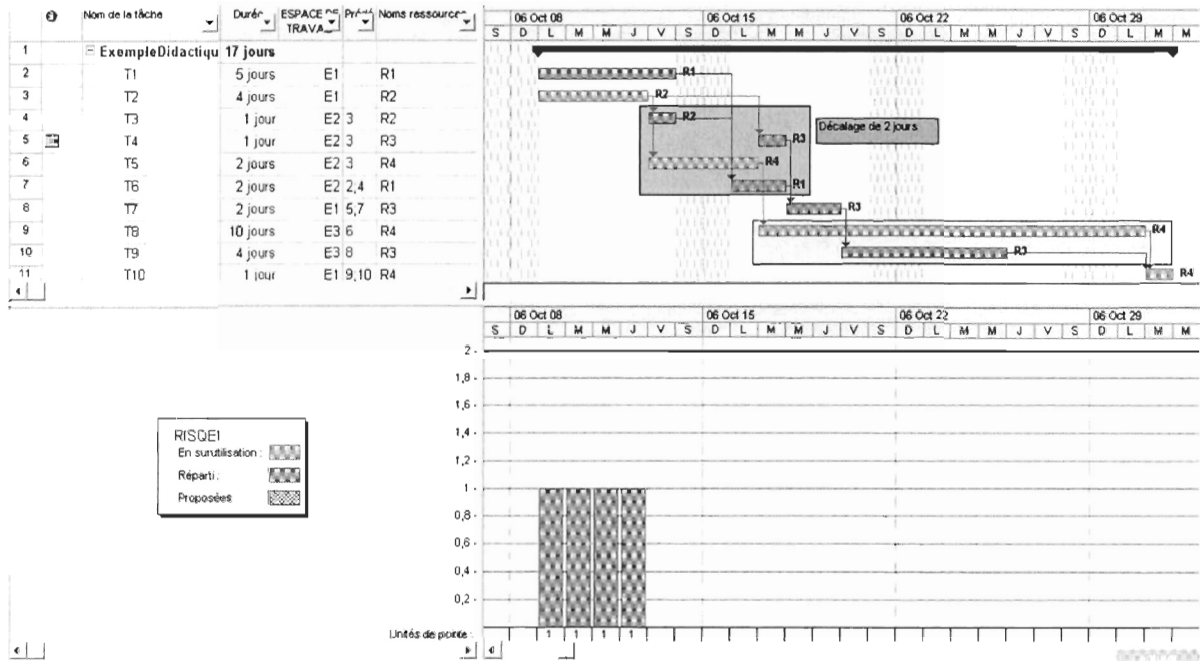


Figure24 Profil du risque interférent global pour l'espace E1 au temps 5

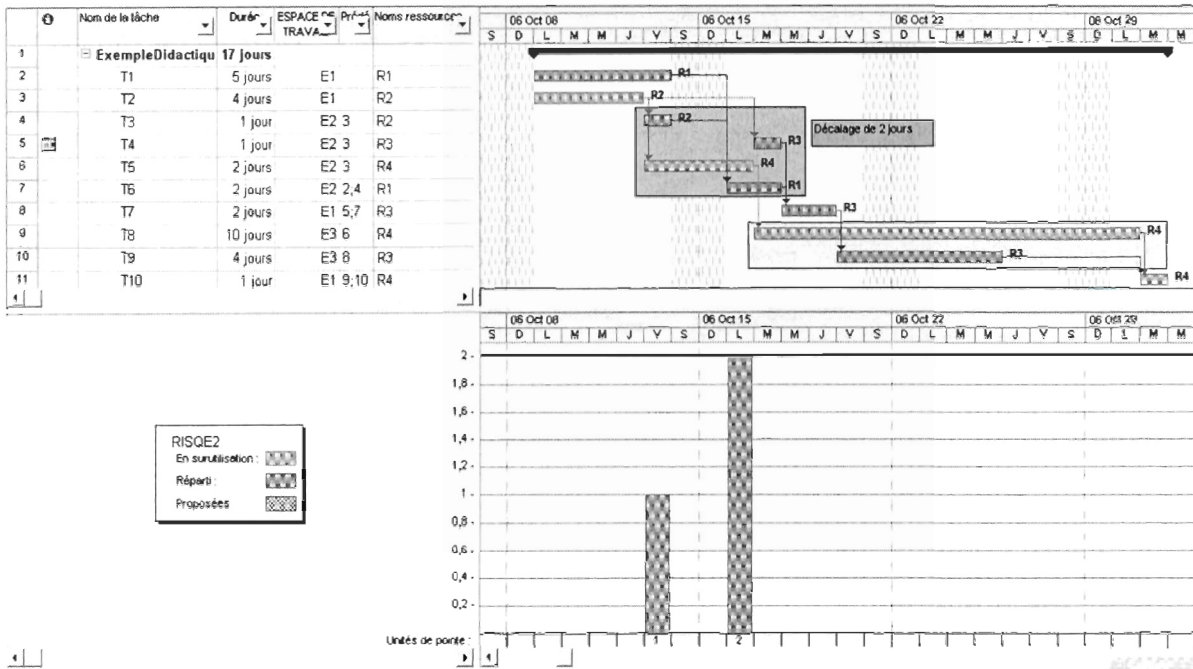


Figure25 Profil du risque interférent global pour l'espace E2 au temps 5

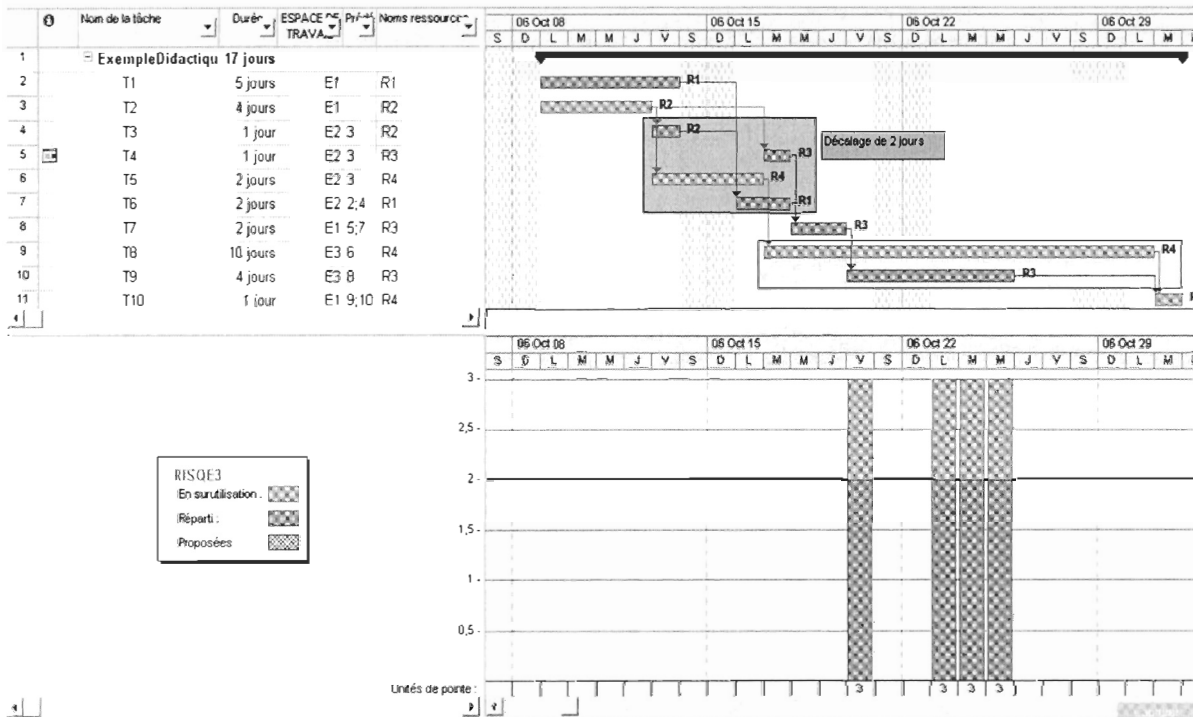


Figure26 Profil du risque interférent global pour l'espace E3 au temps 5

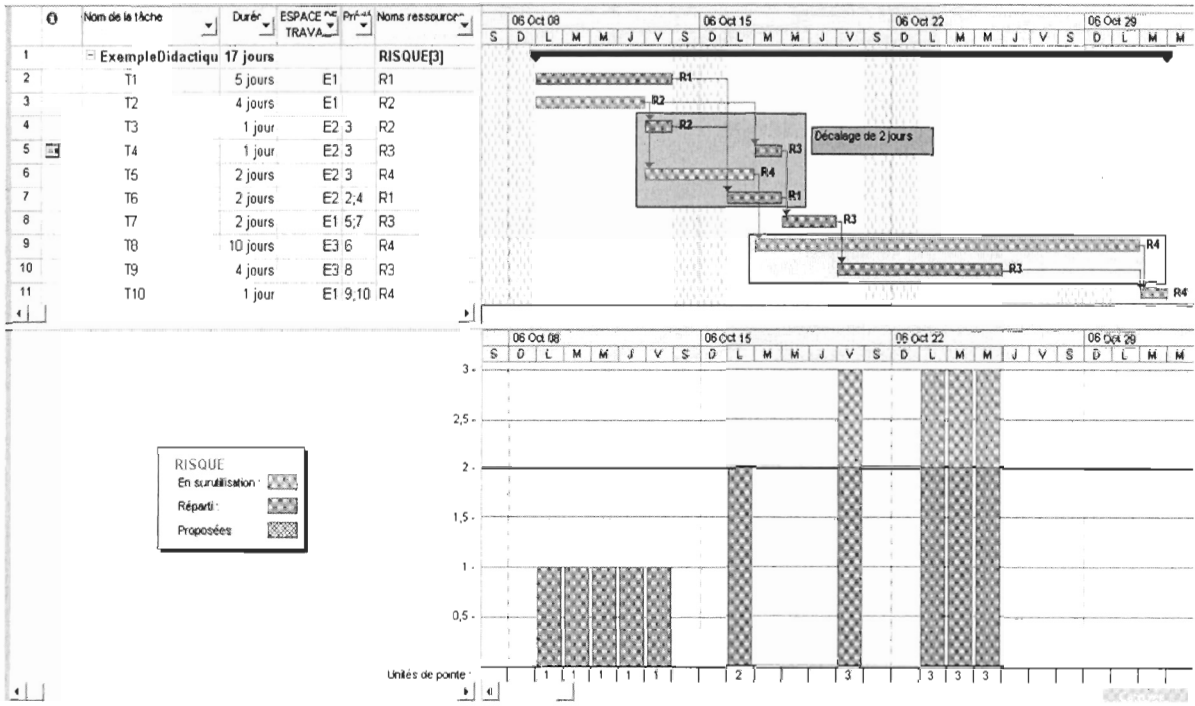
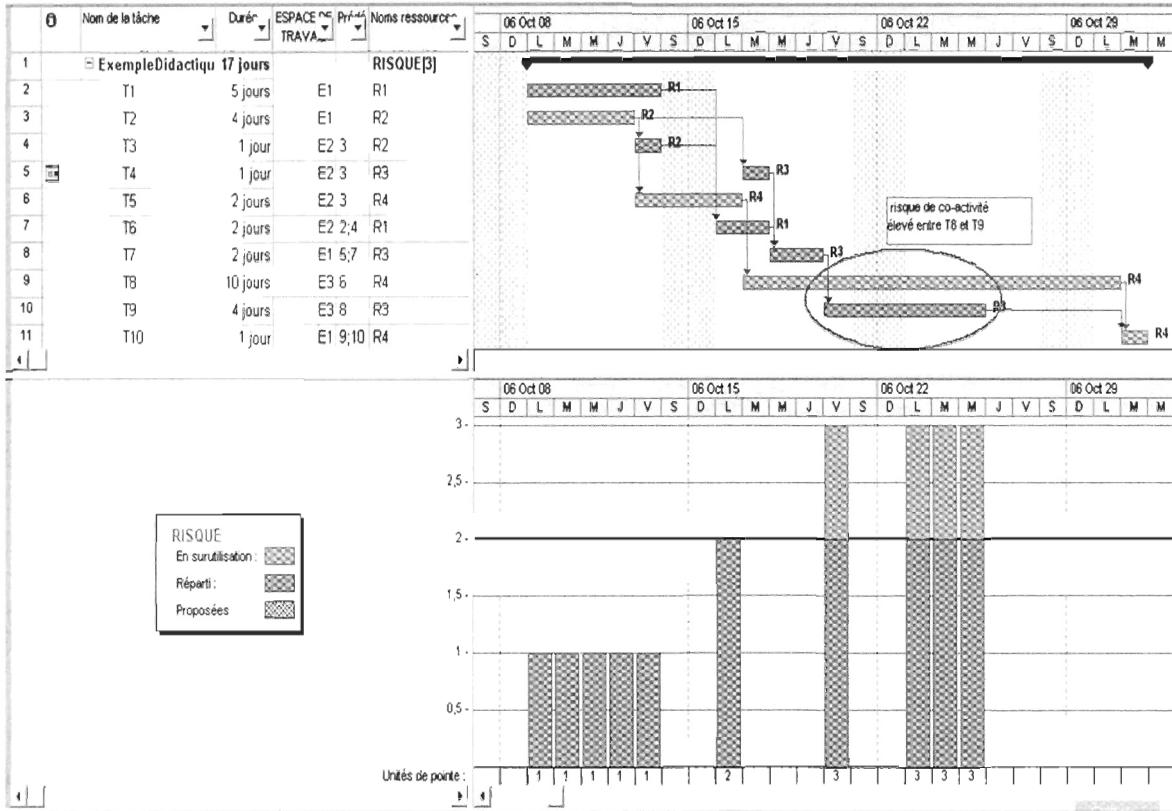


Figure27 Profil du risque interférent global pour le projet au temps 5

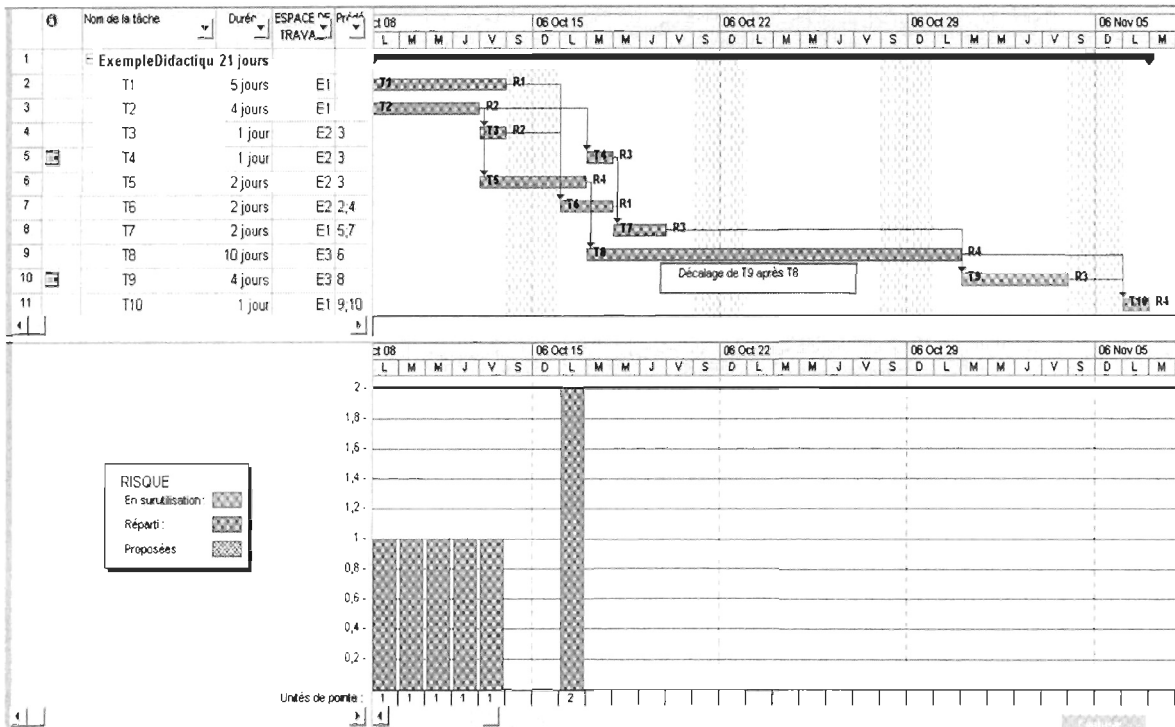
À la suite, On re-nivelle les ressources humaines à partir de la septième journée (t+s). La période suivante pour laquelle on observe un risque élevé de co-activité est la période 10. Le risque de co-activité est dû aux tâches T8 et T9 (figure28).



**Figure28** *Deuxième risque de co-activité élevé à la période 10*

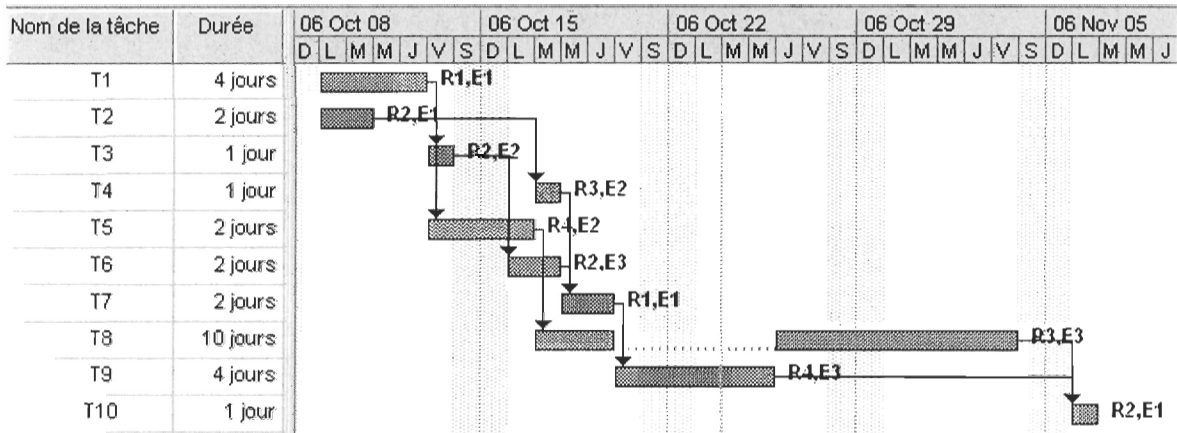
En suivant notre démarche de gestion des risques interférents, on va être amené à déplacer la tâche T9 jusqu'à la fin de la tâche T8 et la nouvelle planification de ce projet est illustrée par la figure29.





**Figure29** Résolution des risques de co-activité pour tout le projet

On peut observer que pour éliminer, au moyen de notre procédure, les risques élevés de co-activité (risque de 3), il a été nécessaire de re-planifier le projet qui a maintenant une durée de 21 jours ouvrables au lieu de 17 jours ouvrables. Cette augmentation de la durée du projet est, en quelque sorte, la prime de risque a payé pour éviter que le projet ait des risques élevés de co-activité. Cette 'prime de risque' est exprimée ici en jours ouvrables mais pourrait avoir une valeur économique bien définie dans un cas réel. Notons que la solution apportée par notre démarche ne permettait pas le fractionnement des tâches mais que si on avait permis cette possibilité, on en serait arrivé à une solution équivalente en terme de profil de risque comme en terme de durée totale pour le projet (figure30).



*Figure30 Résolution des risques de co-activité lorsque le fractionnement est permis*

Dans certaines situations, le coût d'évitement des risques élevés de co-activité peut être considéré comme trop élevé et le gestionnaire de projet doit alors s'interroger sur la possibilité de maintenir, dans sa planification, certaines périodes à risque de co-activité élevé. L'intérêt de notre démarche est qu'elle permet, dans un premier temps, de déceler ces risques de co-activité, d'évaluer leur gravité dans un second temps puis de proposer une manière de les éviter. Notre démarche peut donc être considérée comme un système d'aide à la gestion des risques de co-activité, en ce sens que le gestionnaire de projet aura à décider de la planification à retenir mais en étant imputable des décisions qu'il aura prises quant aux risques interférents du projet dont il est responsable.

## Conclusion

Les problèmes majeurs rencontrés dans des projets de bâtiment et de génie civil proviennent de la gestion préventive des accidents autant que de leurs conséquences. C'est dans ce type de projet que l'on a été amené à s'intéresser aux risques de co-activité. Dans ce travail, nous avons proposé une méthode d'analyse et d'aide à la décision permettant au gestionnaire de projet, et ce durant la phase de planification, d'obtenir, par une heuristique que nous avons développée, une nouvelle planification qui permet d'éviter ces risques liés aux situations de co-activité.

Maintenant, durant notre développement méthodologique, nous avons fait certains choix qui peuvent paraître arbitraires. Par exemple, nous avons choisi d'illustrer notre heuristique en utilisant une échelle d'évaluation des risques de co-activité en 4 points, allant de 0 à 3. Il est bien évident que l'on aurait pu opter pour une échelle autre, de 1 à 10 par exemple. Néanmoins, le choix de l'échelle ne vient en rien changer la logique sous-tendue par notre heuristique et, dans une démarche réelle, les décideurs auraient à faire ce choix.

Nous avons également choisi 'arbitrairement' de recourir à l'opérateur 'maximum' pour agréger les risques des différentes activités. Nous pensons que ce choix est sans doute meilleur que celui de la 'somme' mais des simulations pourraient être réalisées afin de voir quel type d'opérateur serait le plus pertinent dans un problème donné. Donc, il serait sans doute intéressant de réaliser des études empiriques pour 'valider' le mode de calcul des risques interférents et l'opérateur que nous avons choisi.

Il est à noter que, dans certain cas, et si la tâche le permet, il serait plus pratique de fractionner des tâches au lieu de les déplacer, ce qui est le mode que nous avons modélisé dans notre heuristique.

En conclusion, il s'agit d'une première modélisation des risques interférents, et bien évidemment, des améliorations pourraient y être apportées. Celles-ci feront d'ailleurs l'objet d'un autre travail de recherche dans lequel

1. On inclura la possibilité de recourir à des mesures de mitigation des risques
2. On rendra notre approche heuristique plus conviviale. En effet, dans ce travail, notre heuristique définit, sans intervention du décideur ou du planificateur, une nouvelle planification. Il serait alors intéressant de fournir au gestionnaire, un véritable système d'aide à la gestion des risques de co-activité. Un tel système devrait, une fois avoir évalué les risques de co-activité, intégrer le gestionnaire dans la démarche de re-planification visant à réduire ces risques.

## Références

- AFITEP-AFNOR., 1992, Vocabulaire de gestion de projets. 2<sup>ème</sup> édition, Édition, Édition AFNOR, Paris, (correspondant à la norme AFNOR NF X 50-105).
- Chapman C, Ward S., 1997, Project risk management: processes, techniques and insights. UK: John Wiley,
- Charbonnier, J., *Pratique du Risk Management*, Édition L'argus, 1982, 191 pages.
- CINDY-RISK®, 21 Rue Bissardon, 69300 Caluire, France, grancher@AOL.com
- Clusif, 1989, Comment gérer les risques dans l'entreprise, Dunod entreprise.
- Cooper D. & Chapman C., 1987, *Risk analysis for large projects: Models, Methods & Cases*. Édition Wiley.
- Courtot, H., *La gestion des risques dans les projets*, Éditions Économica, 1998, 290 pages.
- Dowie, J., 1999, Against risk, Risk Decision and Policy, Vol.4, N° 1, Routledge Pub., part of the Taylor & Francis Group.
- Giard, V., « L'identification des risques dans le projet », *La Cible* – AFITEP, numéro 43, juin 1992, pp. 22-26.
- Grey, S., 1995, Practical Risk Assessment for Project, Edition Wiley.
- Hillson, D. A., 2000, Project risks – identifying causes, risks and effects, PM Network, Volume 14 Number 9.
- Hulett, D. and Hillson,D., 2005, Branching out: Decision trees offer a realistic approach to risk analysis, PM Network , Project Management Institute, Volume 20 Number 5.
- Lamand, G., 1993, La maîtrise des risques dans les contrats de vente, Edition AFNOR Gestion.
- Le Bissonais, J., 1996, Le management des risques, Edition AFNOR, collection «A savoir».
- Lu Youjie, Lu Jiayi, , 2000 Project Risk Management, Beijing, Publishing House of Jiehua University.
- Marmuse & Montaigne, 1989, Management du risque, Edition Vuibert Entreprise.
- O'Shaughnessy, W., La faisabilité de projet, une démarche vers l'efficience et l'efficacité,

Éditions SMG, 1992, 214 pages.

R.G Aéro 000 39 : Recommandation pour la mise en oeuvre de la maîtrise des risques (BNAE, mars 2000).

Simon P, Hillson D, Newland K, 1997 Project risk analysis and management (PRAM)

Song Zheming , 2003 Modern Risk Management, Beijing, China Textile Press.

Terry, W., 2004, Why monte carlo simulations of project networks can mislead.

Ward, S. & Chapman,C., 2003 Transforming project risk management into project uncertainty management, international journal of project management.

