

CIGI 2011

Modèle et règles de synchronisation des processus de conception système et de planification de projet

É. Vareilles^a, T. Coudert^b, M. Aldanondo^a, L. Geneste^b et J. Abeille^{a,b,c}

^a Université de Toulouse - Mines d'Albi
Campus Jarlard - route de Teillet - 8100 Albi - France

^b Université de Toulouse - ENI de Tarbes
47 avenue d'Azereix - 65000 Tarbes - France

^c Pulsar Innovations - Toulouse
20 rue Hermès - 31000 Toulouse - France

28 juillet 2011

Résumé

Nous détaillons dans cette communication un modèle supportant la synchronisation des processus de conception système et de planification de projet de conception. Cette synchronisation est appelée couplage par synchronisation. Ce couplage des deux processus est basé sur une hypothèse de liens bijectifs de entre la nomenclature physique du système conçu et la structure *WBS* du projet de conception. Le couplage par synchronisation assure une cohérence dans le suivi et le contrôle de la conception système et de la planification de projet en imposant des jalons de synchronisation durant le projet de développement.

Le couplage par synchronisation repose sur des attributs de faisabilité et de vérification associés à chaque entité des processus de conception système et de planification de projet. Chaque attribut possède trois états permettant de caractériser la conception et la planification. Des règles de cohérence entre ces états existent (règles de précédence et de couplage) afin d'interdire certaines combinaisons qui sont incohérentes et pour imposer la synchronisation des deux processus.

Abstract

This article proposes a model dealing with the synchronisation of system design process and project planning process. This synchronisation is named synchronous coupling and is based on the assumption which states that a mapping exists between system Bill Of Materials and projects Work Breakdown Structure. Synchronous coupling ensures a consistency in the monitoring and the control of the system design and project planning by imposing synchronous milestones during the project development.

The synchronous coupling is based on the definition of three states for each design and project entity following feasibility and verification criteria, and can thus manage the changes between states. Some rules are defined (precedence and coupling rules) to forbid certain changes when they are inconsistent and to synchronize them.

Mots-clés : Conception système, Planification de projet, Aide à la décision, Outil à base de connaissances, Synchronisation de processus

Keywords : System Design, Project Planning, Aiding Decision, Knowledge based System, Process Synchronisation

1 INTRODUCTION

La complexité accrue des systèmes et la nature distribuée des compétences font que le processus de conception système est de plus en plus en interaction avec les autres processus de l'entreprise, tels que le processus de choix de fournisseurs, d'achat, marketing, celui de production ou de maintenance. Dans un tel contexte, les activités de conception, du recueil des exigences à la définition des solutions techniques ainsi que les activités de planifica-

tion et de contrôle de celles-ci sont des plus cruciales [14]. En conséquence, les interactions entre le projet de développement d'un système et la conception du système lui-même doivent être formalisées pour éviter au maximum les incohérences entre ces deux processus et ainsi éviter des délais et des coûts supplémentaires.

Peu de travaux mettent en évidence cette notion de couplage entre les processus de conception et de planification et proposent des modèles et des outils permettant d'une part d'aider la construction d'un projet de développement

en concordance avec la conception d'un système, et d'autre part de contrôler l'exécution de ces deux processus.

Dans [1], nous avons posé les bases du couplage structurel permettant de lier le processus de conception système et celui de planification de projet par l'intermédiaire d'un méta-modèle intégré et de la définition du couplage structurel. Dans cet article, nous nous intéressons au couplage par synchronisation qui permet de suivre ces deux processus en imposant des points de synchronisation durant le développement du projet. Ce couplage permet aux ingénieurs de mieux :

- identifier les problèmes de conception et de planification, si possible avant leur apparition,
- identifier les incohérences entre la conception et la planification,
- détecter et réagir aux déviations et aux changements des deux processus.

Dans cet article, le suivi des deux processus est réalisé au travers de deux attributs spécifiques qui qualifient la faisabilité et la vérification des systèmes et des projets.

Cet article est organisé comme suit : dans la section 2, nous posons le contexte de nos travaux, résumons notre proposition de couplage structurel et nous positionnons par rapport à l'état de l'art. Dans la section 3, nous décrivons les attributs nécessaires au couplage par synchronisation. Dans la section 4, nous définissons les règles de synchronisation qui permettent de détecter les situations d'incohérence entre les deux processus et de les synchroniser.

2 CONTEXTE ET DISCUSSIONS

2.1 Définition de la conception système

H. A. Simon [16] a le premier caractérisé la conception comme un processus de recherche. La conception peut être considérée comme un projet dont le but est de créer un nouvel objet ou d'en transformer un [9]. La conception peut être aussi vue comme un processus de création de connaissances dans lequel les informations et les connaissances venant de diverses sources sont partagées et utilisées de manière simultanée par une équipe de concepteurs impliqués dans toutes les phases de développement du produit [21] [24].

Il existe une multitude de méthodologies de conception dans la littérature, par exemple [19], [13], [3], [22], ou encore [2] pour avoir un large panorama. Parmi toutes ces méthodologies, nous retenons plus particulièrement l'*Axiomatic Design* ou *AD* proposée par Suh [19]. L'*AD* provient du constat que la conception est une interaction entre ce que l'on veut réaliser et comment le réaliser. Elle propose donc une approche descendante et itérative qui lie les exigences à satisfaire aux solutions techniques. Le processus de conception zigzague entre quatre domaines caractérisant la conception : les besoins, les solutions, les tâches et les ressources.

D'un point de vue ingénierie système, les travaux de l'*International Council on Systems Engineering (INCOSE)* sont considérés en détails pour nos travaux. Nous retenons plus particulièrement le standard *EIA-632* [12] [4] qui fournit des processus structurant pour la conception de systèmes et qui est largement utilisé dans les entreprises du secteur électronique. Il définit un processus global de conception qui couvre du recueil des besoins et exigences client au choix

des solutions techniques.

Dans le cadre de nos travaux et conformément aux travaux détaillés précédemment, nous considérons le processus de conception système comme :

- la définition et/ou la spécification du besoin,
- l'identification des solutions techniques pouvant remplir ces besoins,
- les associations besoin/solution,
- et suivant la complexité, la décomposition récursive du système à un niveau d'abstraction inférieur.

2.2 Définition de la planification de projet

Le processus de planification de projet correspond au *Project Time Management* ou *PTM* défini par le *Project Management Institute* [14]. Le *PTM* est l'un des neuf processus proposés par le *PMI* et regroupe six activités : identification, séquençage, estimation des ressources et des durées, ordonnancement ou élaboration de l'échéancier, suivi des travaux ou actualisation de l'échéancier.

De manière identique à l'*AD*, nous considérons que la planification de projet est réalisée de manière descendante et itérative où une planification globale est réalisée au plus haut niveau et détaillée petit à petit aux niveaux inférieurs lors de la décomposition du projet en sous-projets. Cette approche multi-niveaux et multi-projets permet une planification cohérente à chaque niveau en prenant en compte les différents objectifs, contraintes et flexibilités propre à chaque sous-projet comme proposé dans [7].

Dans le cadre de nos travaux, et conformément aux travaux détaillés précédemment, nous considérons le processus de planification de projets comme :

- la définition des tâches du projet de conception,
- l'estimation des durées et besoins en ressource,
- l'ordonnancement de ces tâches et leur suivi,
- et suivant la complexité, la décomposition récursive de certaines tâches à un niveau d'abstraction inférieur.

La planification des tâches et des ressources se base sur différentes techniques [8] ou [11] qui ne seront pas détaillées dans cet article.

2.3 Interactions entre les processus de conception et planification

Les éléments précédents permettent de dégager quatre domaines interagissant : les besoins ou spécifications, les solutions, les tâches ou activités et les ressources. Les deux premiers sont relatifs au processus de conception et les deux derniers au processus de planification.

Un méta-modèle intégré présenté dans [1] et s'inspirant du standard *EIA-632* formalise les liens structurels entre la conception système et la planification de projet. L'*EIA-632* propose des modèles de haute abstraction décrivant des processus et des entités assez peu détaillées et le couplage entre les processus est évoqué mais pas clairement formalisé. Dans notre approche, nous considérons deux entités : une entité système *S* et une entité projet *P*. Une entité système *S* est composée d'un ensemble d'exigences *SR* et d'au moins une solution (ou alternative système) *SA*, comme illustré sur la partie gauche de la figure 1. Une entité projet *P* est composée d'une tâche de recueil des exigences *PR* et d'au moins une tâche de conception de solution (ou tâche de développement d'alternative) *PA*, comme illustré sur la partie droite de la figure 1.

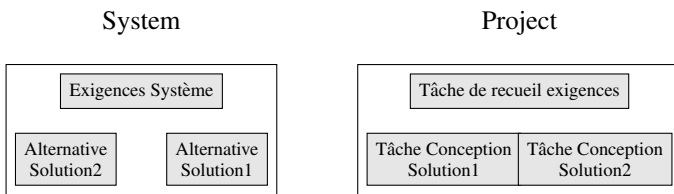


Figure 1: Entités Système et Projet

Comme discuté dans [1], nous posons une hypothèse de bijection entre la nomenclature physique du système et la structure du projet. Cette hypothèse est indispensable pour l'identification et la définition des liens de couplage et leur informatisation. Cette hypothèse est cohérente avec l'AD de Suh [19] et sa méthodologie en zigzag, avec les travaux de R. Lu [15] qui lient le *PBS* et le *WBS* et modélisent les liens de couplage à l'aide de matrices ainsi qu'avec les travaux de [17] [18], qui ont proposé le *PPLM* pour *Project Product Lifecycle Management*. Dans notre proposition, nous lions de manière bijective à tous les niveaux de la hiérarchie système et projet :

- un système S et un projet P ,
- les exigences système SR et la tâche de recueil des exigences PR ,
- une alternative système SA et une tâche de développement d'alternative PA .

3 ATTRIBUTS DU COUPLAGE PAR SYNCHRONISATION

Dans cette section, nous définissons dans un premier temps, les deux attributs spécifiques permettant de qualifier la faisabilité et la vérification des systèmes et des projets. Dans un deuxième temps, nous détaillons ces attributs sur les entités systèmes et projets présentées en section 2.3.

Dans la suite de nos propositions, nous ne considérons pas les attributs de faisabilité et de vérification pour les entités système S et projet P . En effet, ces attributs agrègent des informations et leur état dépend de ceux des exigences SR et des alternatives SA pour le système S , et de ceux des tâches de recueil des exigences PR et de développement d'alternative PA pour le projet P . Par conséquent, la modification de ces attributs n'est pas pertinente pour le couplage par synchronisation.

3.1 Attributs de faisabilité et de vérification

La définition de la faisabilité est tirée du standard AFNOR [5]. En conception préliminaire, la faisabilité caractérise l'aptitude d'un produit, processus ou service étudié à être élaboré techniquement et dans des conditions économiques satisfaisantes. Cette définition est intéressante puisqu'elle permet de porter un premier jugement sur la conception d'un système avant même son commencement. Il s'agit ici pour le responsable de planification et le responsable de conception de se prononcer sur la capacité de leur entreprise à réaliser la conception d'un système donné et des différentes alternatives de conception connaissant les besoins et exigences techniques attendues par le client mais également l'ensemble des attentes et des contraintes émises par les autres parties prenantes.

Afin de qualifier la faisabilité de chaque système et de chaque projet, nous associons à chaque entité un attribut

spécifique noté Fa . Cet attribut possède trois états avec une sémantique propre :

- UD , pour indéterminé et valeur par défaut. Cette valeur indique que le responsable de conception et le responsable de planification ne se sont pas encore prononcés sur leur capacité à mener à bien le projet de développement en considérant les exigences et contraintes de conception ou de planification,
- OK , pour faisable. Cette valeur indique qu'il semble possible d'aboutir à une solution en considérant les exigences et contraintes de conception ou de planification,
- KO , pour infaisable. Cette valeur signifie qu'il semble impossible d'aboutir à une solution en considérant les exigences et contraintes de conception ou de planification.

La définition de la vérification est tirée de la norme *ISO9000 : 2000* [10]. À la fin de la conception, la vérification est la confirmation par des preuves tangibles que les exigences spécifiées ont été satisfaites. Il s'agit ici de s'assurer, la conception du système étant terminée, que le système respecte bien les exigences techniques et que le projet satisfait les attentes en termes de délais, de coût...

Afin de qualifier la vérification de chaque système et de chaque projet, nous associons à chaque entité un attribut spécifique noté Ve . Cet attribut possède trois états avec une sémantique propre :

- UD , pour indéterminé et valeur par défaut. Cette valeur indique que le responsable de conception et le responsable de planification n'ont pas encore confirmé que la solution retenue satisfait complètement toutes les exigences et contraintes de conception ou de projet,
- OK , pour vérifié. Cette valeur indique que la solution vérifie parfaitement les exigences et contraintes de conception ou de planification,
- KO , pour non vérifié. Cette valeur signifie que la solution ne vérifie pas l'ensemble ou une partie des exigences et contraintes de conception ou de planification.

Les états de l'attribut de vérification Ve dépendent de ceux de Fa : une entité ne peut être vérifiée si celle-ci n'a pas été qualifiée de faisable au préalable. Par conséquent, nous posons la première règle suivante :

$$r1 : Fa \neq OK \Rightarrow Ve = UD$$

Pour ces deux attributs, la modification des exigences ou des contraintes à n'importe quelle étape des processus de conception ou de planification et ce quelque soit la personne (clients, parties prenantes, exigences du niveau supérieur) [6] nécessite le retour à l'état initial $Fa = UD \wedge Ve = UD$: les processus de faisabilité et de vérification des entités doivent être recommencés.

3.2 Entités de conception système

3.2.1 Attributs de faisabilité

En considérant la définition de la faisabilité, tant que les besoins et les exigences n'ont pas été recueillis et analysés, le responsable de la conception ne peut pas se prononcer sur sa capacité à concevoir le système : la faisabilité des exigences système est donc indéterminée $SR.Fa = UD$. Une fois collectées, le responsable de la conception peut les analyser, réaliser une conception préliminaire et évaluer

le risque de non obtention d'une solution. C'est uniquement après cette phase qu'il peut se prononcer sur la faisabilité de la conception ; il fera donc passer l'attribut de l'état indéterminé à l'état faisable $SR.Fa = OK$ ou infaisable $SR.Fa = KO$.

Ce n'est que lorsque qu'une solution semble faisable au regard des exigences que le concepteur va commencer le travail de conception plus détaillée. Tant qu'il n'a pas décrit les principes de fonctionnement et éventuellement décomposé le système en sous-systèmes et identifié les exigences de chacun d'entre eux, il ne pourra pas se prononcer sur la faisabilité de la solution : par conséquent, la faisabilité de l'alternative système est indéterminée $SA.Fa = UD$. Quand la conception du système est terminée à un niveau donné de la nomenclature, il peut modifier la valeur de l'attribut, soit en le faisant passer de l'état indéterminé à l'état faisable $SA.Fa = OK$ ou infaisable $SA.Fa = KO$. Nous pouvons remarquer qu'il existe une relation de précedence entre les attributs de faisabilité des exigences et des alternatives. Par conséquent, nous posons la deuxième règle suivante :

$$r2 : SR.Fa \neq OK \Rightarrow SA.Fa = UD$$

3.2.2 Attribut de vérification

Concernant la vérification, tant que la conception système n'est pas terminée, le responsable conception ne peut pas vérifier que le système conçu correspond parfaitement aux exigences et contraintes de conception. En reprenant la définition de la vérification, nous n'associons donc pas d'attribut de vérification aux exigences système car nous ne vérifions pas la cohérence des exigences par rapport aux besoins exprimés par l'ensemble des parties prenantes.

Quand la conception d'une alternative est terminée, le responsable de conception doit analyser sa cohérence par rapport aux exigences et contraintes de conception. Tant que les principes de fonctionnement n'ont pas été testés et éventuellement les sous-systèmes intégrés, il ne peut se prononcer sur la vérification de la solution : par conséquent, la vérification de l'alternative système est indéterminée $SA.Ve = UD$. Quand les sous-systèmes ont été intégrés et que les tests ont été réalisés, il peut modifier la valeur de cet attribut, soit en le faisant passer de l'état indéterminé à l'état vérifié $SA.Ve = OK$ ou non-vérifié $SA.Ve = KO$. La partie supérieure de la figure 2 présente les relations entre les attributs de faisabilité et de vérification décrites par les règles $r1$ et $r2$.

3.3 Entités de planification de projet

3.3.1 Attribut de faisabilité

En considérant la définition de la faisabilité, tant qu'un projet n'a pas été créé et planifié, le responsable de planification ne peut pas se prononcer sur la faisabilité du projet : par conséquent, la faisabilité des tâches est indéterminée $PR.Fa = UD \wedge PA.Fa = UD$. Quand le projet est planifié et les ressources allouées, le responsable de planification peut analyser le planning et évaluer le risque de non réalisation du projet. C'est uniquement après cette phase qu'il pourra faire passer l'attribut de faisabilité de la tâche de recueil des exigences de l'état indéterminé à l'état faisable $PR.Fa = OK$ ou infaisable $PR.Fa = KO$.

Quand le projet semble réalisable en termes de délais et de charge, le responsable de planification peut commencer à étudier les tâches de développement d'alternative. Quand celles-ci ont été planifiées et éventuellement décomposées en sous-projets, il peut se prononcer sur leur faisabilité, soit en faisant passer cet état à faisable $PA.Fa = OK$, soit à infaisable $PA.Fa = KO$.

De manière similaire à la conception système, une relation de précedence existe entre les attributs de faisabilité des deux tâches. La deuxième règle peut être appliquée de la même manière à ces deux attributs :

$$r2 : PR.Fa \neq OK \Rightarrow PA.Fa = UD$$

3.3.2 Attribut de vérification

Concernant la vérification, tant qu'une tâche n'est pas terminée, le responsable de planification ne peut pas vérifier que celle-ci s'est bien déroulée : la vérification de l'ensemble des tâches est donc indéterminé $PR.Ve = UD \wedge PA.Ve = UD$.

Lorsqu'une tâche est terminée, le responsable de planification doit vérifier sa cohérence par rapport aux exigences et contraintes de projet (charge des ressources, temps réellement consommé, budget, etc). Ce n'est que lorsqu'il a analysé et éventuellement intégré les informations des sous-projets, ceci uniquement pour une tâche de développement d'alternative SA , que celui-ci peut se prononcer sur la vérification de la tâche, soit en le faisant passer à vérifié $PR.Ve = OK \vee PA.Ve = OK$ ou à non vérifié $PR.Ve = KO \vee PA.Ve = KO$.

Une relation de précedence existe entre les attributs de vérification de la tâche PR et la tâche PA . Une tâche de développement d'alternative PA ne peut se terminer avant la tâche de recueil des exigences PR . Par conséquent, nous posons donc la troisième règle suivante :

$$r3 : PR.Ve \neq OK \Rightarrow PA.Ve = UD$$

La partie inférieure de la figure 2 présente les relation entre les attributs de faisabilité et de vérification décrites par les règles $r1$, $r2$ et $r3$.

4 RÈGLES DE COUPLAGE PAR SYNCHRONISATION

Le but du couplage par synchronisation est de détecter quand un problème apparaît au niveau du projet global de conception et de fixer des points de synchronisation entre les deux processus. Deux relations de précedence et de couplage ont été identifiées : la première concerne la relation entre la planification du projet et la conception système, la seconde, entre la conception système et la planification de projet.

Premièrement, il semble évident qu'une relation de précedence existe entre les entités de planification de projet et celles de conception système. Un concepteur ne peut pas commencer à concevoir sans avoir été au préalable alloué à une tâche d'un projet réalisable. La première synchronisation est donc supportée par les attributs de faisabilité et peut être formalisée comme suit :

– pour les exigences système SR et la tâche de recueil des exigences PR

$$c0_1 : PR.Fa \neq OK \Rightarrow SR.Fa = UD$$

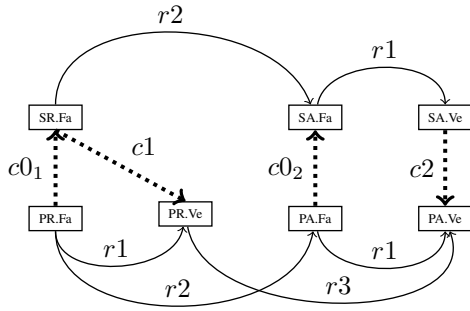


Figure 2: Attibuts et règles de couplage

- pour l’alternative système SA et la tâche de développement d’alternative PA

$$c0_2 : PA.Fa \neq OK \Rightarrow SA.Fa = UD$$

Deuxièmement, une synchronisation des deux processus est nécessaire lorsque une solution a été conçue. Considérons le couple (exigences système SR et tâche de recueil des exigences PR). Lorsque l’ensemble des exigences a été recueilli et analysé, le responsable de conception a terminé son travail et peut livrer ses conclusions quant à la faisabilité de la conception. Si le risque de conception est faible $SR.Fa = OK$, la tâche correspondante PR doit s’achever $PR.Ve \neq UD$. Si le risque est élevé et le responsable de conception n’est pas sûr d’arriver à concevoir le système correspondant aux exigences $SR.Fa = KO$, ces dernières doivent être modifiées pour continuer la conception. Dans le cas, la conception doit reprendre de zéro $SR.Fa = UD$ et le projet peut continuer avec des ressources et des délais déjà consommés. Cette synchronisation est formalisée par la quatrième règle suivante :

$$c1 : SR.Fa \neq UD \Rightarrow PR.Ve \neq UD.$$

Considérons maintenant le couple (alternative de système SA , tâche de développement d’alternative PA). Quand la solution complète a été conçue, le responsable de conception a terminé son travail et peut vérifier la cohérence du système conçu avec les exigences et contraintes de conception. Si le système répond parfaitement aux exigences et contraintes $SA.Ve = OK$, la tâche correspondante PA est terminée $PA.Ve \neq UD$. Autrement, $SA.Ve = KO$, il est à nouveau nécessaire de modifier les exigences ou de relâcher des contraintes de conception pour terminer la conception du système. Dans ce cas, la conception de la solution doit reprendre de zéro $SR.Fa = UD \wedge SA.Fa = UD \wedge SA.Ve = UD$ et les tâches du projet PR et PA doivent être recommencées en conservant les coûts, délais et charges déjà consommés. Cette synchronisation est formalisée par la cinquième règle suivante :

$$c2 : SA.Ve \neq UD \Rightarrow PA.Ve \neq UD.$$

La figure 2 synthétise les relations de couplage par synchronisation décrites par les règles $c0_1$, $c0_2$, $c1$ et $c2$.

Le couplage par synchronisation assure une cohérence entre les processus de conception de système et de planification de projet en imposant des points de synchronisation basés sur la valeur de deux attributs qualifiant la faisabilité et la vérification.

Comme indiqué en 3.1, chacun de ces attributs possède trois états possibles (UD , OK et KO). En considérant l’association de ces attributs aux entités de conception et de planification et en ne considérant aucune des cinq règles de synchronisation, il existe $27 * 81 = 2187$ combinaisons possibles pour ces attributs ($3 * 3 * 3 = 27$ pour le processus de conception système, $3 * 3 * 3 * 3 = 81$ pour le processus de planification de projet).

Maintenant considérons uniquement les règles de précedence $r1$, $r2$ et $r3$: il existe $7 * 15 = 105$ combinaisons possibles pour ces attributs (7 pour le processus de conception système, 15 pour le processus de planification de projet).

Considérons maintenant les règles de précedence $r1$, $r2$ et $r3$, ainsi que les règles de synchronisation $c0_1$, $c0_2$, $c01$ et $c02$: seules 27 combinaisons sont encore possibles pour les attributs de faisabilité et de vérification, comme présenté en figure 3.

Par exemple, la succession d’états grisés dans de la figure 3 représente les modifications des états de faisabilité et de vérification dans le cas où l’ensemble du projet de conception se passe au mieux.

5 CONCLUSION

Le but de cet article était de proposer une approche permettant de renforcer la synchronisation entre les processus de conception système et de planification de projet.

Nous avons tout d’abord rappelé le contexte et les hypothèses de bijection supports de notre travail : il existe une relation bijective entre la nomenclature des systèmes et la structure WBS des projets. Dans nos travaux, deux entités sont formalisées : l’entité système S et l’entité projet P .

Puis, dans un deuxième temps, afin de contrôler la conception et la planification, et pour assurer leur synchronisation, nous avons associé à chaque entité de conception et de planification deux attributs spécifiques : un attribut de faisabilité Fa et un attribut de vérification Ve . Ces attributs possèdent trois états permettant de caractériser leur cohérence tout au long du projet de conception du système. Dans un troisième temps, le couplage par synchronisation est décrit au travers des différents états et transitions autorisés des attributs de chaque entité. Cinq règles de synchronisation ont été formalisées pour garantir la cohérence des deux processus. En d’autres termes, le couplage proposé synchronise le processus de panification et celui de conception en autorisant certains changements d’attributs et en interdisant d’autres. La considération des ces règles de synchronisation permet de réduire la combinaison d’états possibles de 2187 à 27.

Le couplage structurel (bijection entre la nomenclature physique du système et la structuration du projet) et le couplage par synchronisation ne sont basés que sur des connaissances méthodologiques (standard, méthodes, état de l’art). Deux autres types de couplage ont été identifiés : l’un basé sur des connaissances contextuelles et utilisant des approches par analogies, l’autre basé sur des connaissances expertes et utilisant des approches par contraintes [23].

Nous avons maintenant à finir de développer la maquette informatique supportant les couplages identifiés et à confronter nos propositions à des problèmes industriels réels.

REMERCIEMENTS

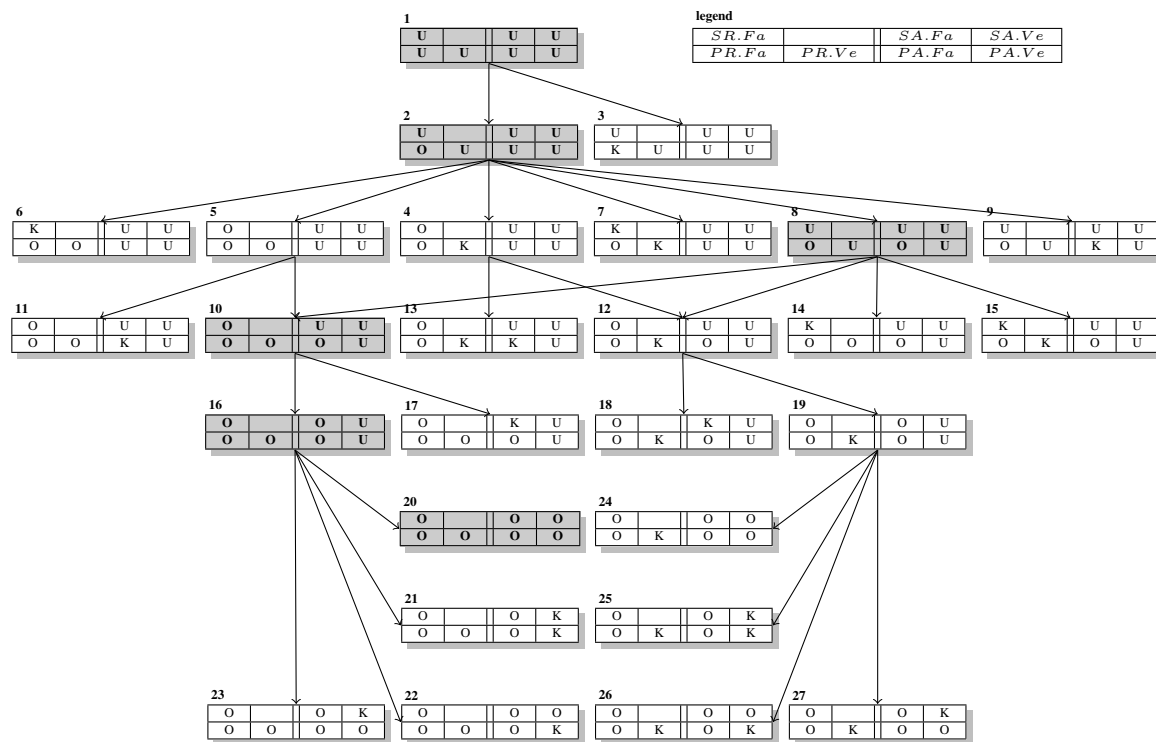


Figure 3: Graphe d'états du couplage

Les auteurs souhaitent remercier l'ensemble des partenaires du projet ATLAS, l'Agence Nationale de la Recherche pour son financement et le 7^{eme} domaine Architecture et Intégration du pôle *Aerospace Valley* pour leur implication et soutien.

RÉFÉRENCES

- [1] J. Abeille, T. Coudert, E. Vareilles, L. Geneste, M. Aldanondo, T. Roux, *Formalization of an integrated system/project design framework : first models and processes*, SPRINGER , pp.207-217, ISBN 978-3-642-15653-3, 1st International Conference on Complex Systems Design and Management CSDM2010, Paris, FRANCE, 2010
- [2] L. T. M. Blessing, *Comparison of Design Models Proposed in Prescriptive Literature*, Proceedings of the COST A3 / COST A4 International Research Workshop on the role of design in the shaping of technology, Lyon, 1996.
- [3] G. E., Dieter, *Engineering design - A materials and processing approach*, third ed., Mc Graw-Hill International Editions, 2000.
- [4] EIA Standard, *Processes for Engineering a System*, Electronic Industries Alliance, 1999.
- [5] B. Froman, C. Gourdon, *Dictionnaire de la qualité*, AFNOR editor, ISBN : 2-12-467821-3, 2003
- [6] E. Gómez de Silva Garza, M. L. Maher, *Design by interactive exploration using memory-based techniques*, Knowledge-Based System Journal, Vol. 9, n°3, pp. 151-161, [http://dx.doi.org/10.1016/0950-7051\(95\)01016-5](http://dx.doi.org/10.1016/0950-7051(95)01016-5), 1996.
- [7] H. Hans, W. Herroelen, R. Leusb, G. Wullink, *A hierarchical approach to multi-project planning under uncertainty*, The International Journal of Management Science, Vol. 35, pp. 563 - 577, 2005.
- [8] W. Herroelen, B. De Reyck, E. Demeulemeester, *Resource-constrained project scheduling : a survey of recent developments*, Computers and Operations Research, Vol.25, No. 4, pp. 279-302, 1998.
- [9] J. Huysentruyt, D. Chen, *Contribution to the development of a general theory of design*, Proceedings of the 8th International Conference of Modeling and Simulation - MOSIM'10 - May 10-12, 2010 - Hammamet - Tunisia, 2010.
- [10] ISO 9000 :2000, *Quality management systems – Fundamentals and vocabulary*, International Organisation of Standardization, http://www.iso.org/iso/catalogue_detail?csnumber=29280, 2005.
- [11] T. Kis, *Project scheduling : a review of recent books*, Operations Research Letters, Vol. 33, Issue 1, pp. 105-110, 2005.
- [12] J. N. Martin, *Evolution of EIA-632 from an interim standard to a full standard*, Proceedings of INCOSE 1998 Symposium, 1998.
- [13] G. Pahl, W. Beitz, *Engineering Design : a Systematic Approach*, Springer-Verlag, 1996.
- [14] PMBOK Guiden *A Guide to the Project Management Body of Knowledge*, Third Edition, Project Management Institute, 2004.
- [15] R. Lu, W. Peng, C. Wang, *Integration of Product Design Process and Task Management for Product Data Management Systems*, in proceedings of IFIP International Federation for Information Processing, Volume 254, Research and Practical Issues of Enterprise Information Systems II Volume 1, eds. L. Xu, Tjoa A., Chaudhry S. (Boston : Springer), pp. 207-218, 2007.

- [16] H. A. Simon, *The science of the artificial*, MIT Press, 1969.
- [17] A. Sharon, V. Perelman, D. Dori, *A Project-Product Lifecycle Management Approach for Improved Systems Engineering Practices*, Proc. Eighteenth Annual International Symposium of the International Council on Systems Engineering (INCOSE), Utrecht, the Netherlands, 2008.
- [18] A. Sharon, O. de Weck, D. Dori, *Is there a Complete Project Plan? A Model-Based Project Planning Approach*, Proceedings of the Nineteenth Annual International Symposium of the International Council on Systems Engineering (INCOSE), Singapore, 2009.
- [19] N. Suh, *The principles of Design. Oxford series on Advance Manufacturing*, Oxford University Press, New York, 1990.
- [20] N. Suh, *Axiomatic Design : Advances and Applications*, Oxford Series, 2001.
- [21] M. X. Tang, *A knowledge-based architecture for Intelligent Design Support*, International Journal of Knowledge Engineering Review, vol. 12 (4), pp.387-460, 1997.
- [22] D. G. Ullman, *The mechanical design process*, third edition, McGraw-Hill, Higher Education, New York, 2003.
- [23] É. Vareilles, M. Aldanondo, M. Djefel, P. Gaborit, *Coupling interactively Product and Project Configuration : a Proposal using Constraints Programming*, IMCM PETO, 2008
- [24] J. X. Wang, M. X. Tang, B. Gabrys, *An Agent-Based System Supporting Collaborative Product Design*, R.J. Howlett, L.C. Jain (Eds.) : KES 2006, Part II, LNAI 4252, pp. 670 - 677, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2006.