

Modélisation du lien architecture du produit/architecture du réseau de partenaires

SALAH ZOUGGAR, MARC ZOLGHADRI, PHILIPPE GIRARD

LAPS/GRAI-Laboratoire Intégration Matériaux aux Systèmes
Université Bordeaux 1, 351 cours de la libération, 33405 Talence Cedex, France

{ prénom }. { nom }@ims-bordeaux.fr

Résumé — Cet article explore les dépendances mutuelles entre les partenaires d'un projet de conception d'un nouveau produit (NPD). Ces dépendances sont définies pendant la phase de conception mais leurs conséquences apparaissent aussi bien pendant la conception que pendant la réalisation du produit. L'idée principale des travaux présentés ici est de mettre en évidence les influences bidirectionnelles entre les composants et les partenaires grâce à l'utilisation du formalisme gBOMO (generalised Bill Of Materials and Operations). Ce formalisme permet de visualiser simultanément l'utilisation des composants dans la structure du produit et les interventions des divers partenaires de la chaîne logistique. Nous développons une approche basée sur la construction d'un outil appelé matrice de force de dépendance. L'analyse de cette matrice révèle des dépendances évidentes et/ou cachées entre les partenaires. La prise en compte de ces dépendances à un stade précoce du développement de produit peut jouer un rôle important dans la gestion globale du projet.

Mots clés — Conception collaborative de produit, réseau de partenaires, architecture produit.

I. INTRODUCTION

Dans le contexte concurrentiel actuel, les entreprises cherchent à développer des partenariats durables à travers des réseaux de partenaire communément appelés chaînes logistiques en vue d'une meilleure réactivité et une augmentation des capacités d'innovation.

Un tel partenariat est crucial pour les PME aux moyens et capacités limités. Cependant, prendre part dans un partenariat signifie partager non seulement les opportunités mais également les risques. Par conséquent l'enjeu de l'identification des acteurs de la chaîne logistique est crucial pour toutes les entreprises et particulièrement pour les PME. Cette identification consiste non seulement à identifier les acteurs mais aussi à déterminer les relations qu'ils auront entre eux. C'est pour cette raison, que nous parlons dorénavant de la conception de la chaîne logistique avec la même logique que celle sous-entendue dans la conception de produit.

La littérature scientifique est abondante dans ce domaine. Citons par exemple [1] ou plus récemment la revue de littératures réalisée par Meixella et Gargeya [2]. Selon Chopra et Meindl dans [3], la criticité dans la conception de la chaîne logistique réside dans la difficulté de savoir quelles décisions prendre sur le nombre d'installations de production, leurs localisations, leurs capacités, leurs rattachements au(x) marché(s) de la région, la sélection des fournisseurs des sous-ensembles, des composants et des matériaux. Alonso-ayuso et al (voir [4] dans [5]) distinguent la classification par taille

d'usine, le choix produit/matériel, et les décisions d'allocation qui sont du ressort du niveau stratégique et les décisions tactiques telles que des niveaux de production et de stock.

Cependant, les entreprises rencontrent souvent des dysfonctionnements à un stade avancé du projet de NPD, dus à une inadéquation de composants et/ou de partenaires, non détectée durant les phases initiales de la cascade de prise de décision de conception. Nieto et Santamaria consolident cette idée en soulignant que l'efficacité de divers réseaux collaboratifs (avec des clients, des fournisseurs, des concurrents) tels que les chaînes logistiques, influence le succès de l'introduction de nouveaux produits, [6]. Leur étude indique que la collaboration technologique dans la chaîne logistique a un impact positif sur les possibilités d'innovation et montre que les fournisseurs contribuent grandement à l'innovation de produit. Girard et Robin dans [7] précisent la nécessité de se concentrer autant sur le produit, que sur les relations entre les concepteurs. Ils considèrent le processus de conception comme le résultat du processus de collaboration et proposent une méthodologie pour gérer ces collaborations. Etudier la conception et construction du réseau de partenaires pendant la conception et développement du produit s'avère donc pertinent pour l'identification des dysfonctionnements potentiels.

Cette étude présente la conception et développement de la chaîne logistique du point de vue de l'entreprise qui lance le projet de NPD sur lequel l'étude est portée, appelé ici l'*Entreprise Focale* (EF). Pour ce faire, il est nécessaire de commencer par identifier les liens entre l'architecture du produit et celle du réseau ou la chaîne logistique. En se basant sur ces liens, des dépendances logiques et temporelles entre les partenaires et l'EF sont identifiées et qualifiées. Ce qui permet de révéler les *dépendances cachées* dans la chaîne logistique. Nous modélisons l'architecture du produit et celle du réseau par des formalismes interconnectés, afin de visualiser les interfaces directes et indirectes, intra-produit (entre ses composants) et intra-réseau (entre les partenaires).

Cet article est structuré comme suit. Une brève revue de la littérature est présentée dans la section deux. La section trois et quatre, présentent respectivement les concepts fondamentaux de l'approche développée ainsi qu'une illustration à travers un exemple. Quelques conclusions et perspectives achèverons ce papier.

II. REVUE DE LITTÉRATURE

Ulrich dans [8] définit l'architecture comme suit « *L'architecture d'un produit est définie comme étant le processus par lequel les fonctions du produit sont allouées aux composants physiques* ». Il rappelle que l'architecture du

produit ne se compose pas simplement d'un ensemble de composants. Elle décrit la manière dont les composants fonctionnent, interagissent et sont assemblés. La notion d'interaction entre les composants est également évoquée par Browning et Eppinger [9].

La complexité de la gestion d'un projet NPD découle entre autres de ces liens, souvent difficiles à identifier et à surveiller. Par conséquent, la modélisation des dépendances mutuelles est d'une grande importance, car comme nous allons le démontrer elles définissent le fonctionnement quotidien de l'EF. Ce point est également souligné par Fixson [10] qui suggère que l'architecture du produit, une fois correctement définie et articulée, peut servir de puissant mécanisme de coordination.

Les diverses caractéristiques du produit ont des conséquences (facilitantes ou contraignantes) sur les décisions prises pendant le cycle de vie de produit. En général, deux types d'architectures peuvent être distingués : Modulaire et intégrale, [8], [11], [12]. Une architecture modulaire inclut une association linéaire des éléments fonctionnels aux composants physiques du produit. Les modules sont indépendants et ont des interfaces claires entre eux [13]. Selon [14] la modularité apporte une flexibilité au développement de produit. Hölltä et Otto dans [15] décrivent les caractéristiques du « bon module ». Ils considèrent que c'est la facilité avec laquelle le module peut être reconçu sans affecter ses interfaces et le reste du produit.

Lorsque les associations composants-fonctions ne peuvent pas être considérées comme linéaires, le produit résultat sera intégré.

Dans [10], on emploie la matrice Function-Component Allocation (FCA), définissant ces associations. Les fonctions du produit sont énumérées dans les colonnes et les composants dans les lignes. Cette approche contribue à fournir un cadre descriptif de l'architecture de produit (et la manière dont elle est liée à beaucoup de décisions à travers les domaines du produit, des processus et de la chaîne logistique). On trouve dans la littérature les outils aidant à identifier et réaliser, avec cohérence, les solutions techniques fiables répondant à des spécifications techniques. La matrice DSM (Design-Structure-Matrix), est l'une d'entre elles. Utilisée pour représenter l'architecture, elle a été étudiée intensivement, par entre autres [9], [16]. [17] utilise cet outil pour modéliser l'interdépendance et la probabilité explicite, l'impact et les risques sur le changement de contexte avec des effets de propagation. Dans les travaux de Bonjour [18] la matrice DSM est utilisée pour étudier la propagation des évolutions des modules du produit vers l'organisation du système de conception.

III. PRODUIT MODULAIRE

A. Modélisation de l'architecture produit

Le concept de modularité postule que le produit est un système composé d'un ensemble de pièces en interaction. Cette modularité de produit, permet aux fabricants de créer divers produits en assemblant différents sous-ensembles avec des délais de développement de produit courts.

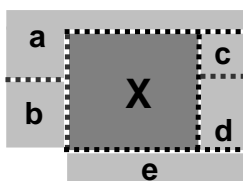


Figure 1 : Interfaces des modules du produit

La modularité du produit influence l'architecture du réseau de partenaires par les interfaces qu'elle impose entre les modules prédéfinis. La figure 1 montre le produit fini, X, réalisé par l'EF. X est le noyau du produit fini contenant les modules *a*, *b*, *c*, *d* et *e* réalisés par 5 partenaires différents. Les interfaces sont représentées par les lignes en pointillée. Par exemple, le module *a* a trois interfaces avec X, *c* et *b* tandis que le module *c* est interfacé avec X, *a* et *d*. Les interfaces entre les modules d'un produit peuvent être de différents types au regard des échanges qu'elles autorisent: échange d'énergie, de mouvement ou de données [19]. Deux autres liens entre les modules peuvent également être définis : contraintes *géométriques* (se réfèrent à toutes les contraintes de positionnements spatiaux des modules sur le produit) et contraintes *physiques* (se rapportant à des contraintes électromagnétiques, thermo-dynamiques, mécaniques ou tout autre phénomène physique dans un composant dont les conséquences peuvent parvenir aux autres composants). Lorsque deux modules sont interfacés, cela signifie qu'au moins l'un des liens cités ci-dessus existe entre eux. Ces connexions sont représentées dans la matrice de connexion de composants (voir Tableau 1).

	a	b	c	d	e
a	-	1	1	0	0
b	1	-	0	0	0
c	1	0	-	1	0
d	0	0	1	-	1
e	0	0	0	1	-

Tableau 1 : Matrice de connexion des composants

En se basant sur cette configuration, le but recherché est de modéliser le processus de réalisation correspondant qui exige la participation de plusieurs partenaires. Par conséquent la prochaine étape consiste à modéliser les connexions entre l'EF et ses partenaires (fournisseurs, sous-traitants) par le gBOMO (generalised Bill-Of-Materials and Operations).

B. Nomenclature de produit et d'opérations

La nomenclature d'un produit, BOM (Bill-Of-Materials) montre la participation des pièces (sous-ensembles, pièces intermédiaires, matières premières) dans la production du sous-ensemble parent. La nomenclature est une donnée technique indispensable pour la planification de production. Généralement, deux types de BOM sont distingués selon [20] : le eBOM (engineering BOM) et le mBOM (manufacturing BOM). eBOM structure la manière dont un produit est conçu et selon Jiao, il consiste en l'assemblage fonctionnel des sous-systèmes tandis que le mBOM définit la manière dont un produit est fabriqué. Dans les deux cas, les BOM contiennent le nombre d'articles (les matières premières ou les sous-ensembles) utilisés pour produire le sous-ensemble parent. Le BOM est représenté par une table où les composants sont mis près de l'ensemble parent avec le nombre de participation correspondant (quantité de composants) pour réaliser un exemplaire de l'ensemble parent.

Au delà du concept de BOM dans [20] le concept de BOMO est introduit par une fusion de deux concepts proches à savoir la nomenclature et la gamme (BOO pour Bill-Of-Operations) pour faciliter une meilleure planification et control de la production, traitement d'ordres et contrôle du changement technique. Un BOO, représenté par un organigramme de

processus, donne la gamme de production d'un produit donné. En fusionnant ces deux concepts, le BOMO peut spécifier la séquence des opérations de fabrication nécessaires à la réalisation des partie intermédiaire/sous-ensemble ou le produit final mais aussi les matériaux et les ressources nécessaires à chaque opération. Une activité de « Kitting » (préparation de Kit) est ajoutée par Jiao dans [20] avant toute opération, consistant en la préparation en kit de tous les composants, outils et montages nécessaires.

C. Generalized Bill-Of-Materials and Operations, gBOMO

Le concept de gBOMO (voir le Figure2) a été présenté dans [21] comme une adaptation de BOMO de Jiao [20]. Cette représentation recueille conjointement des données techniques du BOO et du BOM du produit considéré. Le BOM laisse percevoir les liens entre l'EF et un sous-ensemble de ses fournisseurs importants. Cependant le BOO permet la définition de la collaboration avec des sous-traitants. Il contient également des données complémentaires décrivant l'ordre des situations de synchronisation. L'emploi du BOMO se justifie par la nécessité de donner assez de données aux décideurs, les soutenant dans les tâches de planification et de gestion de la production. C'est la raison pour laquelle l'activité de kitting (préparation des matériaux, des outils, des ressources avant toute activité et particulièrement l'assemblage) est également utilisée.

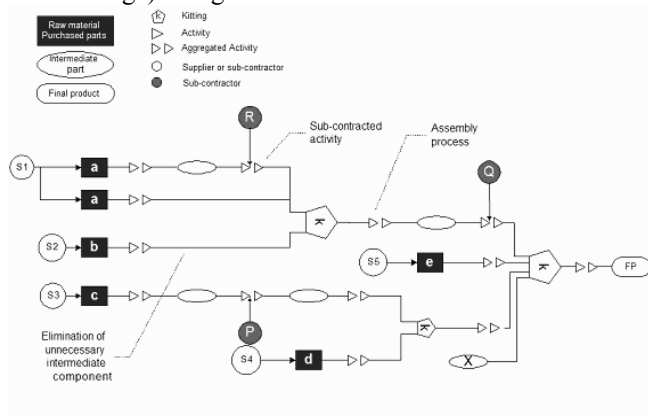


Figure2 : gBOMO du produit X (tiré de [21])

La différence entre le gBOMO et le BOMO peut se résumer ainsi :

- Les pièces et les matières premières achetées sont rassemblées dans une même classe.
- Les processus sous-traités sont directement reliés au partenaire externe par une connexion bilatérale.
- L'utilisation systématique du kitting est délaissée. Ce processus n'est maintenu que pour les assemblages.
- Quand la situation le permet, les pièces intermédiaires ne sont pas représentées dans le modèle avant le kitting.

L'idée du formalisme est de représenter des données techniques (BOO et BOM) d'un produit conjointement, à partir d'un point de vue donné. Cela signifie que le formalisme est appliqué en se basant sur le niveau de décision analyste-décideur; les mécanismes d'agrégation [22] peuvent être utilisés dans cette approche de modélisation aussi.

D. Graphe de connexion des travaux

Le formalisme de gBOMO comme présenté précédemment, permet de visualiser l'exécution prévue du processus de réalisation et de ses besoins en termes de composants, données

et interventions externes. Pour observer chronologiquement la nécessité de l'intervention des différents acteurs impliqués dans le processus de réalisation, il est possible d'identifier un *graphe de connexion des travaux* dont la signification est donnée ci-après. Pour obtenir le graphe de connexion des travaux à partir du gBOMO, il faut suivre les étapes suivantes :

- Associer à chaque activité de livraison, de sous-traitance ou d'assemblage un nœud. Chaque nœud du graphe représente un travail (ou activité). Ces activités varient selon la nature des opérations effectuées : livraison, sous-traitance, et assemblage. En d'autres termes, un nœud peut être vu comme un point de jonction des partenaires au processus de réalisation ; *l'intervention des partenaires est donc nécessaire pour finaliser l'activité courante.*
 - Deux nœuds adjacents impliqués dans le même flux de travail sont liés par un arc. Les arcs du graphe représentent la relation d'antécédence entre les activités.
 - Les autres activités intermédiaires, qui ne nécessitent pas la participation des partenaires, ne sont pas représentées.
- En appliquant cette démarche au gBOMO présenté dans la figure 2 nous obtenons le *graphe de connexion des travaux* (Figure 3). Les points de jonction identifiés dans ce graphe sont alors 1) livraison : J1, J2, J3, J4, J5, J6, 2) sous-traitance : J7, J8, J11, 3) assemblage : J10, J11, J12.

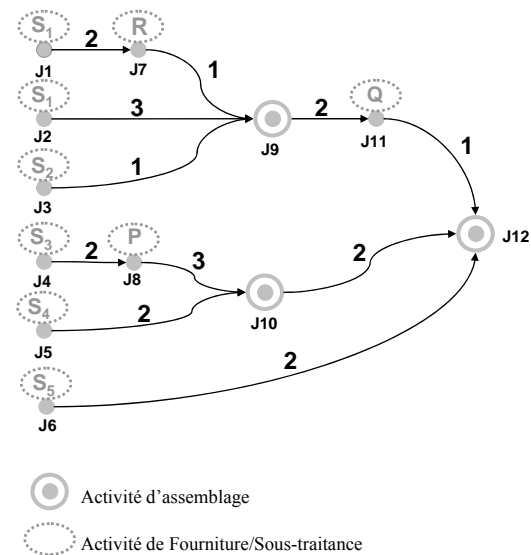


Figure3 : Graphe de connexion des travaux

Dans le graphe de connexion des travaux, les arcs sont valués. Ces valeurs permettront de distinguer les différents rapports entre les acteurs (EF et ses partenaires). La valuation entre deux nœuds adjacents A et B, exprime leur complémentarité de travail. En pratique, ces valuations sont obtenues après des discussions et brainstorming avec les experts de l'entreprise. L'échelle de la valuation est définie comme suit : 1 représente une criticité élevée, 2 pour une criticité moyenne, 3 pour une criticité basse.

Par exemple : l'arc entre J1 et J7 vaut 2, cela signifie que la complémentarité des travaux effectués en J1 et J7 est jugée comme moyennement critique.

IV. MODELISATION DE LA DEPENDANCE DES PARTENAIRES

Dans l'interprétation du gBOMO par le graphe de connexion des travaux, l'accent est mis sur la complémentarité des transformations réalisées lors des interventions des divers partenaires, ce qui nous permet d'analyser toutes les dépendances, cachées ou explicites, entre les partenaires.

L'approche globale pour déterminer ces dépendances est illustrée dans la Figure.4. Une fois que le gBOMO est identifié, le *graphe de connexion des travaux* en est extrait en utilisant les règles présentées dans §3.4. Les arcs sont ensuite évalués. A partir de ce modèle, la modélisation des dépendances des partenaires peut commencer. Après obtention d'une *matrice de criticité amplifiée* $\psi(i, j)$, la *matrice de force de dépendance* des partenaires est déduite. En extrayant la *matrice de dépendance des fournisseurs* et en la comparant à la *matrice de connexion des composants* du produit, nous montrons les dépendances cachées entre les partenaires. Ces étapes sont décrites ci-dessous.

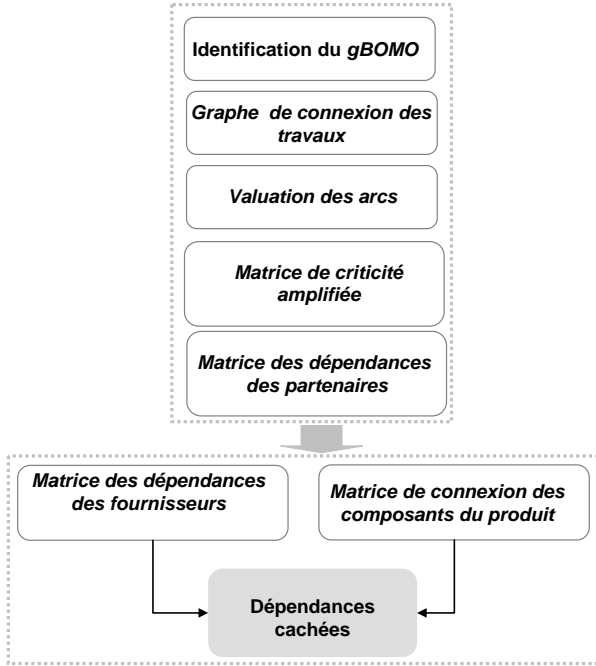


Figure 4 : approche de modélisation

A. Matrice de criticité amplifiée $\psi(i, j)$

La matrice de criticité amplifiée (Amplified Work Criticality Level (AWCL)) détermine la criticité mutuelle entre deux partenaires, non seulement les adjacents mais chaque couple de partenaires. L'amplification permet de déterminer le degré de sensibilité mutuelle des activités qui ne sont pas directement liées.

Il est possible de faire deux observations à ce stade : 1) une petite erreur faite au début d'un flux d'opérations peut avoir une grande influence sur le résultat final du flux, 2) plus on tarde à détecter ces erreurs ou ces dysfonctionnements, plus le coût des corrections sera élevé. Nous admettons donc que la criticité est amplifiée par la *multiplication des valeurs des arcs* tout au long des chemins du graphe. Cette amplification représente la criticité de l'apport de l'intervenant au produit tout au long du déroulement des opérations. La matrice AWCL est définie comme suit: $\psi(i, j)$ avec $i, j \in \{\text{partenaires}\}$.

L'évaluation des chemins (p) entre deux partenaires (i, j) constitue la valeur de la criticité. Elle est réalisée en calculant la valeur du chemin qui relie ces entités jusqu'au *prochain point de jonction commun*. Le point de jonction commun correspond à l'activité qui regroupe les deux flux. Par exemple, J_{12} est la prochaine jonction commune entre S_1 et S_5 car il s'agit de la première activité à l'intersection des flux dont les origines se trouvent respectivement en S_1 et en S_5 . Autrement dit, les acteurs i et j tous deux contribuent

directement ou indirectement à la réalisation de l'activité au point de jonction.

Une fois les criticités amplifiées des chemins jusqu'au point de jonction déterminée, nous admettons que la criticité entre les acteurs correspond à la valeur minimale de tous les chemins possibles. Cette valeur minimale correspond à la criticité la plus élevée (cf. section III.D), et détermine l'impact réel que le travail d'un partenaire peut avoir sur celui des autres dans la réalisation globale du travail.

Toujours selon cette logique d'amplification, lorsqu'un partenaire intervient à différentes étapes de réalisation, comme le fait S_1 , impliquant différentes valeurs de criticité, la valeur minimum représentant la criticité la plus élevée est choisie. Ceci permet de prendre en compte les risques potentiels de cette intervention dans le projet et de les amplifier afin de déterminer le degré de sensibilité des différents partenaires à ces risques. Par exemple, il y a deux chemins entre S_1 et son prochain point de jonction commun J_{12} avec S_5 . Le calcul se fait comme suit :

$$P_{S_1 \rightarrow J_{12}} = J_1 \rightarrow J_7 \rightarrow J_9 \rightarrow J_{11} \rightarrow J_{12} = 2 \times 2 = 4$$

$$P_{S_1 \rightarrow J_{12}} = J_2 \rightarrow J_9 \rightarrow J_{11} \rightarrow J_{12} = 3 \times 2 = 6$$

$$P_{S_5 \rightarrow J_{12}} = J_6 \rightarrow J_{12} = 2$$

$$\psi^{(1,5)} = \min \{ \min(4,6), 2 \} = 2$$

Pour récapituler le calcul de la matrice AWCL, nous pouvons écrire :

$$\psi(i, j) = \min \{ \min P_{(i \rightarrow \text{jonction commune})}, \min P_{(j \rightarrow \text{jonction commune})} \}$$

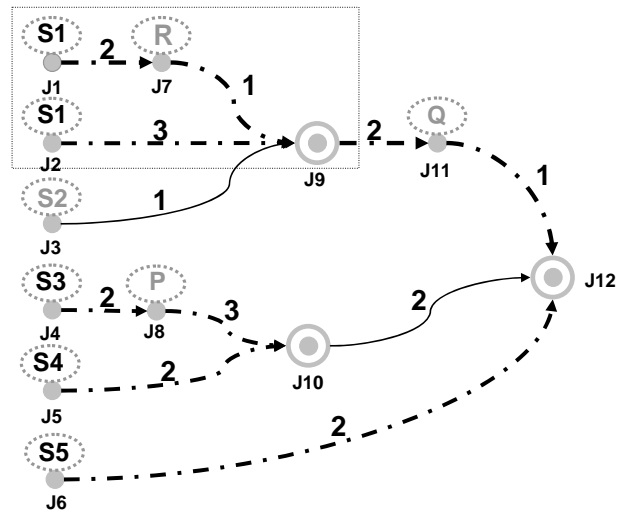


Figure 5 : exemples AWCL

De cette façon, AWCL pour tous les partenaires est établie. Ces résultats sont récapitulés dans le tableau ci-dessous.

	S1	S2	S3	S4	S5	P	Q	R	EF
S1	0	1	4	4	2	4	4	2	1
S2	1	0	2	2	2	2	2	1	1
S3	4	2	0	2	2	2	1	2	1
S4	4	2	2	0	2	2	1	2	1
S5	2	2	2	2	0	2	1	2	1
P	4	2	2	2	2	0	1	2	1
Q	4	2	1	1	1	1	0	2	1
R	2	1	2	2	2	2	2	0	1
EF	1	1	1	1	1	1	1	1	0

Tableau 2: matrice AWCL

Les conventions de représentation de la matrice AWCL sont regroupées en 3 points:

- $\psi(i, j) = \psi(j, i)$
- Le travail de l'EF est fortement critique pour tous ses partenaires. Donc ce lien égal 1.
- La diagonale principale de la matrice égale 0.

B. Matrice de force des dépendances $\delta_{(i,j)}$

La force de dépendance, nommée $\delta_{(i,j)}$ est définie comme la valeur qui caractérise la dépendance mutuelle entre les partenaires i et j . Comme l'échelle de criticité va de 1 à 3 (1 : la plus élevée, 2 : moyenne, 3 : le plus basse), la valeur minimale des valeurs de criticité amplifiées obtenues après calcul entre tous les couples de partenaires représente la dépendance la plus élevée existant entre eux. Ainsi, la force de dépendance peut être exprimée en tant que fonction décroissante de la valeur de criticité : $\delta_{(i,j)} = [\psi^{-1}(j,i)] \forall i, j$ (voir la Figure.6). Ceci permet d'avoir un intervalle limité entre 0 et 1, évitant ainsi un effet perturbateur de l'amplification.

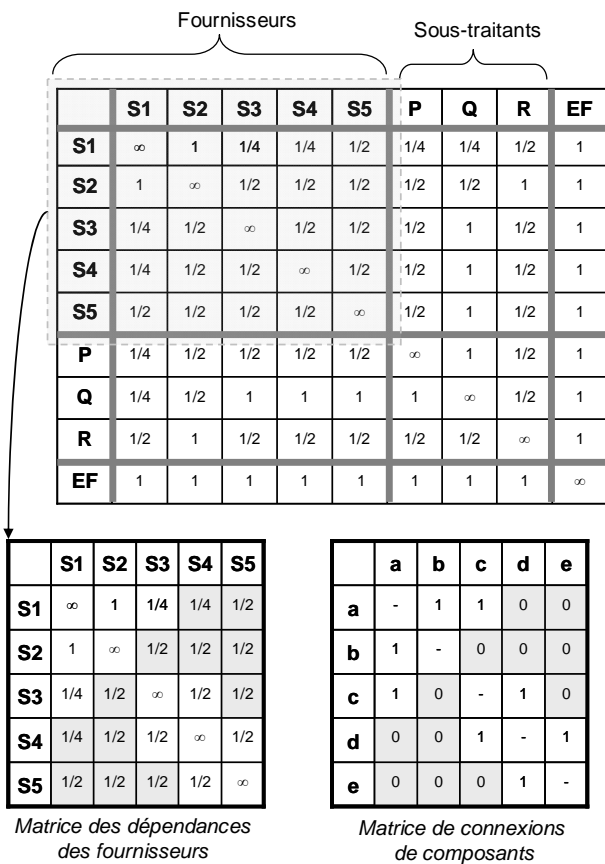


Figure 6: matrice de force de dépendance

V. ANALYSE

Selon les résultats obtenus dans cette dernière matrice (la grande matrice de la Figure.6), on peut noter que tous les partenaires sont plus ou moins dépendants les uns des autres.

Nous allons focaliser l'analyse uniquement sur les fournisseurs (S1,...,S5). Des observations intéressantes peuvent être déduites en comparant la matrice de force des dépendances des fournisseurs (matrice en bas à gauche de la Figure.6) et la matrice de connexion des composants. En effet, nous allons voir qu'il est possible de faire apparaître des dépendances cachées (Figure.7) entre les partenaires qui a priori et au regard du processus de réalisation de produit peuvent sembler comme indépendants.

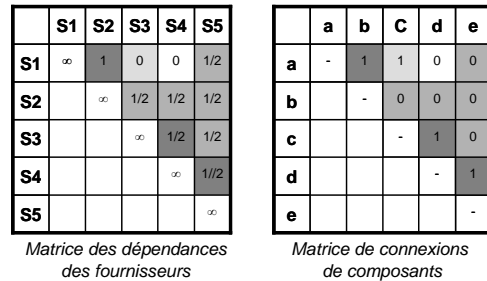


Figure 7 : comparaison des matrices

Nous mettons l'accent sur les fournisseurs et leur sous-matrice de dépendance extraite à partir de la matrice globale de force de dépendance. Cette matrice est ensuite ajustée en remplaçant toutes les valeurs inférieures à 1/4 par 0 considérant qu'elles définissent des forces de dépendance trop faibles donc négligeables.

La comparaison entre la matrice des dépendances et celle de connexion des composants permet d'identifier quatre situations résumées dans le tableau ci-dessous.

Types de liens Catégorie	Liens fournisseurs	Liens composants
Catégorie 1	Inexistant	Inexistant
Catégorie 2	Inexistant	Existant
Catégorie 3	Existant	Inexistant
Catégorie 4	Existant	Existant

Tableau 3 : catégorisation des situations

Catégorie 1 : Ce cas n'est pas critique car il n'y a pas de lien entre deux fournisseurs considérés et les composants qu'ils offrent ne sont pas liés non plus. Cette situation n'exige aucune attention particulière (ex : S2 et S3 ne sont pas dépendants et b et c ne sont pas liés).

Catégorie 2 : Il n'y a aucun lien de dépendance identifié entre les fournisseurs mais les composants qu'ils fournissent sont liés par au moins un échange de données, d'énergie, C'est le cas des fournisseurs S1, S3 et les composants a et c. Ce sont les cas les plus représentatifs des dysfonctionnements potentiels dus à des liens cachés. L'EF doit prendre en compte les besoins et exigences liés à la phase de réalisation pour les deux partenaires et les anticiper pendant le processus de conception.

Catégorie 3 : Les fournisseurs sont dépendants et les composants qu'ils fournissent ne sont pas liés. (ex : S1, S4 et a, d). L'EF doit définir des règles explicites de conception pour chaque couple de partenaires dépendants. Identifier la manière dont ils impactent le travail l'un de l'autre. Cet impact peut être dans la planification de capacité de production ou la synchronisation temporelle directe ou indirecte. L'EF doit s'assurer que les deux partenaires gèrent leur relation et leur dépendance à travers une collaboration directe.

Catégorie 4 : Il s'agit des situations où les fournisseurs sont dépendants et les composants qu'ils fournissent sont liés également (S1, S2 et b, a). Dans ce cas-ci, toutes les dépendances sont évidentes et l'EF a des procédures spécifiques et un mode de traitement correspondant à cette situation.

La catégorie 2 met en évidence l'existence de dépendances cachées qu'il est intéressant d'exploiter dès les phases précoces

du projet de NPD. Ceci permettra de prendre en considération les contraintes liées à la phase de réalisation assurant des choix cohérents pendant la phase de conception selon le mode de travail du réseau de partenaires.

VI. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Cet article expose les premières idées sur l'exploitation des relations entre les fournisseurs et entre les composants au service d'une gestion rationnelle d'un projet de développement de produits nouveaux. L'implication très en amont des fournisseurs dans les projets de développement est aujourd'hui acceptée comme un principe de base par la communauté scientifique ainsi que par les industriels. Toutefois, le choix des fournisseurs qui doivent faire partie d'une telle implication reste une question ouverte à laquelle nous tentons d'apporter des éléments de réponse. Pour cela, nous nous sommes attachés tout d'abord à expliciter toutes les dépendances entre les partenaires et en particulier les dépendances qualifiées de cachées car elles ne deviennent visibles qu'au travers d'une étude des inter-dépendances des composants du produit.

Exprimées sous forme de graphe, les dépendances sont estimées pour tout couple de partenaires du projet. Pour cela, nous avons utilisé des formalismes de représentation gBOMO, le graphe de connexions des travaux et la matrice de force de dépendance.

A travers une mise en regard des dépendances des fournisseurs et la connexion entre les composants, quatre situations ont été identifiées et interprétées. Entre autres, nous pouvons souligner la situation où les composants sont connectés mais les fournisseurs semblent indépendants. Par ailleurs, on peut voir également la situation où même si les partenaires semblent « éloignés » dans le processus de réalisation, ils ne sont pas nécessairement insensibles les uns aux autres et leur dépendance peut s'avérer être forte.

Dans les travaux futurs, cette étude préliminaire sera étendue à la phase de conception en utilisant Design-gBOMO.

VII. REFERENCES

- [1] Beamon, B. M. (1998). Supply chain design and analysis: Models and methods. *International Journal of Production Economics*, 55, 281–294.
- [2] Meixell M.J, Gargeya V.B. (2005). Global supply chain design: A literature review and critique, *Transportation Research Part E* 41, pp 531–550.
- [3] Chopra S, Meindl P. (2004). *Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operations*, 2nd Edition. Upper Saddle River, NJ: Pearson Prentice Hall, Inc. pp. 511-512.
- [4] Alonso-ayuso, A, Escudero, L.F, Garin, A, Ortuno, M.T, Perez, G. (2003). An approach for strategic supply chain planning under uncertainty based on stochastic 0–1 programming, *J. Global Optimization* 26, 97–124.
- [5] Shen, Z.-J.M. (2006). A profit-maximizing supply chain network design model with demand choice flexibility, *Operations Research Letters* 34, 673 – 682.
- [6] Nieto M.J, Santamaria L. (2006). Technological collaboration: Bridging the innovation gap between small and large firms, Working Paper 06-66, Business Economics Series 20.
- [7] GIRARD Ph., ROBIN V. (2006). Analysis of collaboration for project design management, *Computers in Industry*, Vol. 57/8-9, pp 817-826.
- [8] Ulrich K.T. (1995). The role of product architecture in the manufacturing firm. *Research Policy* 24, 419– 440.
- [9] Browning T.R, Eppinger S.D. (2002). Modeling Impacts of Process Architecture on Cost and Schedule Risk in Product Development *IEEE Transactions on Engineering Management*, vol. 49, no. 4, pp. 428-442.
- [10] Fixson S. K. (2005). 'Product architecture assessment: a tool to link product, process, and supply chain design decisions', *J. of Operations*.
- [11] Shibata T, Yano M, Kodama F. (2005). Empirical analysis of evolution of product architecture Fanuc numerical controllers from 1962 to 1997, *Research Policy* (34), pp 13–31.
- [12] Otto & Wood, 2001 *Incorporating Lifecycle Costs into Product Architecture Product Design*. Prentice-Hall.
- [13] Dahmus J. B, Gonzalez-Zugasti J.P, Otto K.N. (2001). Modular product architecture, *Design Studies*, Vol.22, No.5, pp 409-424.
- [14] Ericsson, A. and Erixon, G. (1999). *Controlling design variants : Modular product platforms*, Society of Manufacturing Engineers and American Society of Mechanical Engineers, Fairfield, N.J.
- [15] Hölttä, K., Suh, E. S., & de Weck, Olivier. (2005) Trade-off between modularity and performance for engineered systems and products. In *Proc of International Conference on Engineering Design*, Melbourne August 15-18.
- [16] Sharman D. M, Yassine A. A, (2004). Characterizing Complex Product Architectures, *Systems Engineering Journal*, Vol.7, No.1, pp 35-60.
- [17] Clarckson P.J, Simons C, Eckert C. (2004). Predicting Change Propagation in Complex Design, *JOURNAL OF MECHANICAL DESIGN*, vol 126, pp 788-797.
- [18] Bonjour E. (2008). Contributions à l'instrumentation du métier d'architecte système : de l'architecture modulaire du produit à l'organisation du système de conception, Habilitation à Diriger des Recherches à l'Université de Franche-Comté.
- [19] Ullrich K., Eppinger S. (2003). *Product design and development* McGraw Hill.
- [20] Jiao J, Tseng M.M, Ma Q, Zou Y. (2000). 'Generic Bill-of-Materials-and-Operations for High-variety production management', *CERA*, 4(8), pp. 297-321.
- [21] Zolghadri M, Baron C, Girard P. (2008). Modelling mutual dependencies between products architecture and network of partners, *International Journal of Product Development*, to be printed.
- [22] Zolghadri M., Bourrieres J.-P. (2006). 'Data aggregation mechanisms for production planning function of firms', *Journal of decision systems*, vol.15, no. 4, pp. 425-452.