



HAL
open science

Aide à la maîtrise des risques liés aux interactions entre acteurs du projet et à leurs engagements.

Julien Ventroux, Ludovic-Alexandre Vidal, Franck Marle

► To cite this version:

Julien Ventroux, Ludovic-Alexandre Vidal, Franck Marle. Aide à la maîtrise des risques liés aux interactions entre acteurs du projet et à leurs engagements.. "Lambda Mu 20" - "Maîtriser les risques dans un monde en mouvement", IMDR : Institut pour la Maîtrise Des Risques, Oct 2016, Saint-Malo, France. hal-01438855

HAL Id: hal-01438855

<https://hal.science/hal-01438855>

Submitted on 18 Jan 2017

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Aide à la maîtrise des risques liés aux interactions entre acteurs du projet et à leurs engagements.

Help to mastery of the risks of interactions between project stakeholders and their commitments.

Auteurs : Julien Ventroux, Ludovic-Alexandre Vidal et Franck Marle

Société : CentraleSupélec

Adresse : Grande Voie des Vignes
F-92 295 Châtenay-Malabry Cedex

Résumé

Le contexte industriel du secteur pétrolier est celui des projets fortement sous-traités, dans lesquels la quasi-totalité de la réalisation physique est confiée à des entrepreneurs par le biais de contrats constituant la stratégie contractuelle. On peut citer à titre d'exemple un contrat EPCIC (*Engineering, Procurement, Construction, Installation et Commissioning*) pour le package FPSO (*Floating Production Storage and Offloading*). Dans de nombreux secteurs, les entreprises ont tendance à externaliser ou sous-traiter leurs activités (Johnstone and al, 2000). Ce choix a donné naissance à des systèmes sociotechniques complexes où plusieurs entreprises sont impliquées, où les processus de travail nécessitent la collaboration d'employés de différentes organisations mais aussi de la coordination à travers les frontières organisationnelles (Perrow, 1984 ; Milch and Laumann, 2015). Dès lors, un des grands défis pour les grands projets industriels d'aujourd'hui consiste à associer les différentes parties prenantes. L'approche de notre article consiste à identifier, analyser les différentes organisations projet existantes afin de proposer des axes d'amélioration permettant de limiter les risques et d'augmenter la performance du projet pour que celui-ci soit réalisé avec succès. Pour cela, nous recherchons à optimiser la mise en relations des acteurs.

Summary

The oil and Gas sector industrial context is that of projects highly outsourced, in which almost all of the physical implementation is entrusted to contractors through contractual agreements making up the strategy. Include for example EPCIC (Engineering, Procurement, Construction, Installation and Commissioning) for the package FPSO (Floating Production Storage and Offloading). In many industries, companies tend to outsource or subcontract activities (Johnstone and al, 2000). This choice gave rise to complex socio-technical systems where several companies are involved, where work processes require the collaboration of employees from different organizations but also coordination across organizational boundaries (Perrow, 1984, Milch and Laumann, 2015). Therefore, major challenge for large industrial projects today is to involve different stakeholders. The approach of this article is to identify, analyze the various existing project organizations to propose areas for improvement to reduce risk and increase the performance of the project for it to be successfully implemented. For this, we seek to optimize the development relationships of the actors.

1. Etat de l'art sur l'organisation projet

La réalisation et l'exécution d'un projet fait intervenir une multitude d'acteurs à l'intérieur de différentes parties prenantes aux caractéristiques différentes : l'entreprise opératrice, les entrepreneurs et fournisseurs, les partenaires, les pays hôtes, ou encore les organismes réglementaires (Eweje and al, 2012). Ces parties prenantes sont par nature en interaction entre elles et ces interactions peuvent être plus ou moins critiques.

Pour conduire ces projets, les entreprises utilisent trois différents types d'organisation. Le type 1 est défini comme la gestion indépendante, en tout cas sans structure de coordination, de projets multiples. La tendance depuis quelques décennies est de créer des groupes de coordination et d'aide à la décision : *Project Management Office* (PMO, type 2) et groupes interentreprises (ICG : *Inter-Companies Group*, type 3).

Type 1 : Accumulation de structures mono-projet

L'organisation de type 1 est constituée de plusieurs projets isolés, chacun évoluant dans un environnement propre, avec des parties prenantes propres. Il n'y a pas de structure pour coordonner l'ensemble des projets et des parties prenantes, et aucune structure permettant de prendre en compte formellement les interactions entre projets et/ou parties prenantes. (Stoddart-Stones, 1988) stipule que pour ce type d'organisation, le responsable du projet a toute autorité sur celui-ci sans pouvoir

gérer directement la performance des contracteurs et contrôler la rédaction des contrats. De plus, avec la prolifération de la sous-traitance, ce type d'organisation augmente la difficulté du chef de projet à tout contrôler dans son ensemble.



Figure 1 : Type 1 - Accumulation de structures mono-projet

Type 2 : Emergence des Project Management Office (PMO)

Avec l'augmentation du nombre de projets à réaliser au sein des entreprises et de leur complexité, une tendance a été de faire émerger en interne la création de groupes afin de coordonner l'ensemble des projets (Marsh, 2000), d'aider les décideurs à prendre des décisions mais aussi d'être en relation avec les clients (Hill, 2008). (Stoddart-Stones, 1988) explique que cela permet de coordonner les projets et d'intégrer le travail effectué par les services de surveillance et de contrôle des différents contrats. (Müller, 2009) approfondit ce point en expliquant qu'un PMO est une institutionnalisation des stratégies de gouvernance. (Dai et Wells, 2004) expliquent qu'au cours de la dernière décennie, de nombreuses organisations ont mis en œuvre un ou plusieurs PMO dans le cadre du management organisationnel dans les projets, en leur attribuant une variété de rôles opérationnels et stratégiques. (Aubry and al, 2010) ont distingué quant à eux deux types existants de PMO (bien que leurs fonctions soient similaires) : un PMO qui coordonne un projet (« project office ») et un PMO qui coordonne plusieurs projets (Figure 2), la structure la plus fréquente étant par nature celle du PMO coordonnant plusieurs projets.

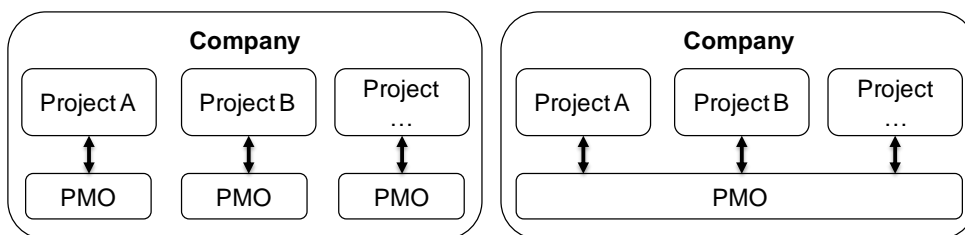


Figure 2 : Type 2 - Différentes définitions des PMO(s)

(Thomas and Mullaly, 2008) affirme que les PMO peuvent différer selon leurs intérêts, leur structure et leur influence. L'étude de (Aubry and al, 2007) confirme premièrement l'hypothèse de (Mintzberg, 1989) formulant que des structures de type PMO s'adaptent à leur environnement, en stipulant que la relation entre le PMO et l'organisation dans laquelle il est incorporé est bidirectionnelle. Deuxièmement, cette relation participe à une construction dynamique comme il est proposé dans la théorie co-évolutionniste de (Van de Ven and Garud, 1994) : en ce sens, un PMO participe à l'élaboration de l'avenir et peut donc être considéré comme une participation positive dans la construction continue de l'organisation. Néanmoins, malgré l'apport d'au moins un PMO dans une organisation, ce type d'organisation montre certains inconvénients :

- Ces groupes ont une moyenne d'âge courte : environ 2 ans (Hobbs and Aubry, 2007), du fait de l'instabilité occasionnée par leur environnement ;
- la durée de mise en œuvre d'un PMO est un effort continu et prend souvent beaucoup de temps (Blažević, Mišić and Šimac, 2014) ;
- L'information devrait être améliorée dans l'organisation des PMO(s) (Blažević, Mišić and Šimac, 2014) ;
- Les parties prenantes externes (contracteurs, pays hôte, partenaires, organisme réglementaire...) aux projets ne sont pas prises en compte (Hill, 2013).

Type 3 : Apparition des groupes Interentreprises (ICG : Inter-Companies Group)

Dans les précédents types d'organisation, seules les parties prenantes internes à l'entreprise opératrice du projet sont prises en compte. Afin de prendre aussi en compte les parties prenantes externes des projets (fournisseurs, entrepreneurs, Pays hôte, ONG...), les entreprises élaborent des groupes ICG(s) regroupant des acteurs de chacune de ces parties prenantes, sélectionnés arbitrairement selon leur niveau d'expertise ou leur niveau hiérarchique.

Les ICG(s) sont mis en place afin de d'améliorer la collaboration et la coordination entre l'ensemble des parties prenantes. Ces groupes peuvent être définis comme un accord concernant un partenariat stratégique. (Garette and Dussauge, 1995) définissent des partenariats stratégiques comme « des associations entre plusieurs entreprises indépendantes qui choisissent de mener à bien un projet ou une activité spécifique en coordonnant les compétences, moyens et ressources nécessaires plutôt que de mettre en œuvre ce projet de manière autonome ». (Mahmoud-Jouini and Calvi, 2004) énumèrent quatre configurations de coopérations interentreprises: intersectorielles (interagissent sur le projet ponctuellement selon leurs compétences spécifiques), verticales (« relation de client-fournisseur »), horizontales (« réunissent des entreprises concurrentes engagées dans un projet commun ») et entre complémentaires (« entre entreprises qui n'entretiennent pas de transactions directes ni de relations concurrentielles et dont les produits se complètent »).

La structure des ICG(s) s'élabore comme les PMO(s) des entreprises. Le premier cas consiste à avoir un ICG par projet et le second cas est défini par un seul ICG qui coordonne l'ensemble des projets (voir Figure 3). Dans le deuxième cas, l'avantage est la globalité de la vision et des discussions engendrées. L'inconvénient majeur est la création d'un groupe fermé qui favorise la création d'un secteur/marché monopoliste et diminue en contrepartie l'ouverture à la concurrence et l'innovation, ce qui explique que, contrairement au PMO, la structure le plus souvent envisagée est celle correspondant à la définition d'ICG(s) spécifique(s) à chaque projet.

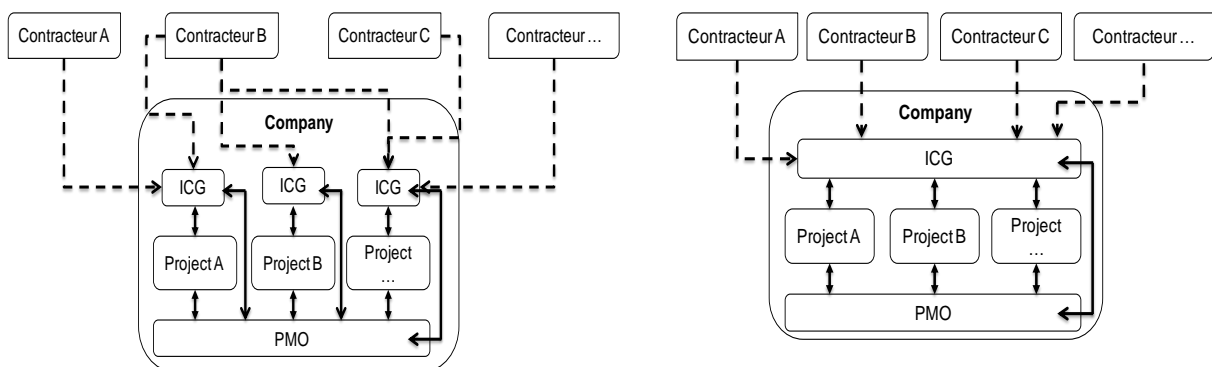


Figure 3 : Type 3 - Différents exemples d'ICG(s)

De plus, bien que les contracteurs soient pris en compte au sein des ICG(s), cela ne représente qu'une partie des parties prenantes externes. Enfin, les décisions importantes sont principalement prises par les acteurs des groupes ICG(s), qui sont souvent loin des phénomènes réels qui se déroulent dans les projets.

2. Problématique

La réalisation et l'exécution d'un projet peuvent donc être coordonnées par différents types d'organisations constituées d'une multitude d'acteurs aux caractéristiques différentes (l'entreprise opératrice, les entrepreneurs et fournisseurs, les partenaires, les pays hôtes, les organismes réglementaires...).

Les entreprises attachent la formation des différents groupes de coordination / supervision et d'aide à la décision à des structures préexistantes qui font sens (exemple: par département de l'organisation, par livrables du projet, par phases du projet, par lieu géographique où se déroule le projet...). La plupart du temps, cela se fait en sélectionnant leurs membres uniquement, en fonction de leur position hiérarchique ou de leurs compétences / leur expertise sur un point précis.

Si ces groupes ont par nature une très grande utilité et permettent d'améliorer la coordination des projets entre parties prenantes, ils ne permettent pas suffisamment de se focaliser sur les difficultés réelles du terrain et la vulnérabilité des relations et interfaces entre ces parties prenantes. Or, une mauvaise gestion de ces relations et interfaces peut engendrer de nombreux dysfonctionnements, par exemple :

- Une mauvaise répartition des responsabilités entre les parties prenantes réalisant le projet : (Cedergren, 2013), (Nenonen and Vasara, 2013) et (Milch and Laumann, 2015) précisent ainsi que si chaque organisation collaborant sur le projet est seulement amenée à garder son propre domaine de responsabilité / de compétence historique, alors aucun individu ne possédera un aperçu du projet dans son ensemble, ce qui peut générer nombre de risques.
- Une mauvaise communication engendrant un défaut de circulation de l'information (Nenonen and Vasara, 2013), (Albrechtsen and Hovden, 2014) eu égard à la possible méfiance entre les différents acteurs d'une organisation ou entre organisations (Kochan and al, 1994).
- La conséquence des deux précédentes peut être une défaillance de coordination au moment d'une décision ayant des répercussions multiples.

Aussi, cet article vise à proposer des modes d'organisation complémentaires permettant de constituer des structures organisationnelles prenant en compte les relations et interfaces entre les différentes parties prenantes du projet, afin de mieux anticiper les risques projet liés à la complexité des relations et des interactions entre ces parties prenantes. (Stoddart-Stones, 1988) précisant qu'un manque d'engagement des acteurs du projet est un facteur majeur contribuant à l'échec et à l'utilisation abusive des systèmes de gestions de projet, l'objectif des structures organisationnelles que nous allons proposer est donc aussi de favoriser l'engagement et la participation active de ces parties prenantes en favorisant un climat de confiance et de communication par la bonne prise en compte de leurs interactions.

3. Démarche

Notre étude se focalise majoritairement sur la prise en compte des interactions entre acteurs (de natures différentes) et de leurs responsabilités et engagement dans les projets. Elle ne se concentre pas uniquement sur les acteurs internes de l'entreprise mais aussi sur les acteurs externes comme les entrepreneurs, les fournisseurs, les représentants du pays hôte... Notre méthodologie se déroule en deux phases :

- La première phase se focalise sur les interactions entre acteurs (internes et externes) afin de comprendre leur niveau d'échange et de collaboration. Pour cela, nous proposons de réaliser les activités suivantes:
 - Modélisation des acteurs, des phases et des interactions entre acteurs,
 - Estimation de la vulnérabilité des interactions entre acteurs et détection de phénomènes particuliers comme les boucles amplificatrices ou les chaînes de propagation ;
- La deuxième phase se concentre sur une vision complémentaire du découpage organisationnel préexistant en réalisant une opération de clustering de la matrice des interactions entre acteurs. Le clustering est une méthode permettant de regrouper des acteurs en différents sous-groupes selon certains critères : interdépendances, similarités... La finalité est de mieux surveiller et traiter les boucles de rétroaction positive liées à des chaînes d'acteurs, ces boucles pouvant emmener le projet vers l'instabilité, voire le chaos. Ce traitement des risques liés à la mauvaise coordination entre acteurs interreliés débouche sur la création d'un groupe interne ou interentreprises réunissant les acteurs qui se situent aux interactions les plus vulnérables.

Phase 1 : modélisation et estimation

Notre première étape consiste à mieux modéliser l'organisation d'un projet en prenant en compte l'ensemble de ses parties prenantes (internes et externes) afin de pouvoir mettre en valeur certains

signaux faibles qui sont très difficilement détectables avec les précédentes méthodes (vulnérabilité des échanges entre acteurs, présence de boucles amplificatrices ou de chaînes de propagation...).

3.1.1 Etape de modélisation

Afin de modéliser les acteurs et leurs interactions (sur plusieurs niveaux), nous utilisons le SADT (Structured Analysis and Design Technique) qui est un outil permettant d'effectuer une analyse fonctionnelle d'un système (dans notre contexte le système représente un projet (Zaytoon, 1993) ; (Santarek and Buseif, 1998). Pour chaque activité (sur différents niveaux) ou contrainte (exemple : pays hôte, ONG ...) du projet, nous identifions les acteurs concernés au sein de l'ensemble des parties prenantes participant au projet. Ensuite, afin de pouvoir modéliser ces acteurs et leurs relations, les acteurs identifiés par le SADT sont modélisés dans une matrice Actors Structure Matrix (ASM) qui est construite en s'appuyant sur la Design Structure Matrix (DSM) créée par Steward (Steward, 1981). Ce type de structure est utilisée dans plusieurs études ayant des contextes différents (Eppinger and Salminen, 2001; M. Sosa, 2008). Elle a l'avantage de pouvoir analyser quatre types de relations : dépendant (séquentiel), indépendant (concurrent), interdépendant (couplée), et conditionnel (Browning, 2001).

La matrice ASM est une matrice dite orientée, organisée selon les différentes phases du projet. Elle se lit de la manière suivante : l'acteur B transmet des livrables à l'acteur A, d'où la présence d'une cellule verte avec un 1 en ligne B et colonne A. L'acteur A ne transmet quant à lui aucun livrable à l'acteur B, d'où la présence d'un zéro en case (A/B). Puisque les lignes et colonnes sont ordonnées de manière chronologique (par phase), l'ensemble des interactions entre acteurs situées sous la diagonale de la matrice et à l'extérieur des blocs carrés internes à chaque phase représente donc les feedbacks lors du projet (clusters représentés en surbrillance sur la Figure 4).

3.1.2 Etape d'estimation

Cette phase a pour mission d'étudier la vulnérabilité des interactions entre acteurs, que ce soit localement ou dans des phénomènes plus globaux comme les chaînes et les boucles, afin de hiérarchiser les plus dangereuses pour le projet. Cela peut permettre dans un second temps de hiérarchiser les acteurs en fonction de leur participation plus ou moins forte à des interactions vulnérables.

Estimation de la vulnérabilité des interactions entre acteurs

Dans cette communication, on suggère de réaliser une évaluation directe de la vulnérabilité des interactions entre acteurs du projet sur une échelle de Likert (Jamieson, 2004) à cinq niveaux. Ainsi on peut pondérer la matrice ASM en fonction de ces estimations de vulnérabilité en mettant en case A/B :

- 0 : Il n'y a pas d'interaction directe de A vers B ;
- 1 : l'interaction de A vers B est considérée comme très peu vulnérable ;
- 2 : Peu vulnérable
- 3 : Assez vulnérable
- 4 : Fortement vulnérable

Le choix d'évaluer la vulnérabilité sur une échelle de 4 niveaux (Maigre, 2011) dès qu'une interaction existe (niveaux 1 à 4) permet de faire en sorte que les décideurs ne puissent pas sélectionner une position moyenne mais soient au contraire amenés à trancher sur l'aspect plutôt peu vulnérable ou plutôt vulnérable de l'interaction. Cette évaluation directe de vulnérabilité peut être réalisée, soit par jugement d'experts (chef de projet, manager de risques...), soit en interrogeant les acteurs sur les vulnérabilités de leurs échanges avec les autres acteurs. Dans le cas où l'on recourt à l'interrogation des acteurs, une procédure d'agrégation moyenne peut alors être mise en place, chaque interaction étant par nature évaluée deux fois (la case A/B est évaluée par A et par B). Quelle que soit la démarche utilisée (jugement d'expert ou questionnaires), l'évaluation de la vulnérabilité des échanges entre acteurs se fait notamment en tenant compte de certains facteurs permettant de quantifier l'intensité et l'importance de ces échanges : quantité de livrables échangés, importance des livrables échangés, capacité des acteurs à travailler ensemble, nombre d'activités réalisées en commun, niveaux de risque des activités réalisées en commun ...

Détection des phénomènes complexes comme les boucles amplificatrices

Une fois ces premières évaluations réalisées, il est essentiel de prendre en compte la complexité du réseau d'acteurs qui induit des phénomènes de propagation et des boucles d'amplification. Une interaction a priori peu vulnérable peut s'avérer finalement très vulnérable à cause de phénomènes de propagation et d'auto-alimentation via la présence de boucles amplificatrices. Inversement, des interactions a priori très vulnérables peuvent s'avérer à impact global limité ou autocontrôlées de par la présence de boucles rétroactives dans le réseau des échanges entre acteurs.

(Donnadiou et al, 2003) en s'appuyant sur De Rosnay (De Rosnay, 1975) décrivent une boucle de rétroaction (feed-back en anglais) comme un « *mécanisme permettant de renvoyer à l'entrée du système sous forme de données, des informations directement dépendantes de la sortie* » et que celles-ci peuvent être définies sous trois types de boucles possibles :

- Positives : évolution vers le chaos du projet
- Négatives : évolution vers la stabilité du projet
- Ago-antagonistes : certaines boucles peuvent être aussi positives et négatives, il n'est pas possible de prédire le moment de ce changement de polarité. (Le Moigne, 1989) précise que cette alternance des phases positives (d'instabilité) et négatives (de stabilité) est le propre d'un système auto-organisé.

La figure 4 illustre l'estimation des interactions entre acteurs qui avaient été identifiées dans le paragraphe précédent. Elle montre la présence de deux boucles représentées par des ensembles de flèches de même couleur partant et revenant à un même point d'origine.

Phases	Actors	Conceptual : Con			Development : Dev			Construction & Installation : C&I				Commissioning : Com				
		A	B	C	D	E	G	H	I	J	K	L	M	N	O	
Con	A	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	4	0
	B	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2	1
	C	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	3
Dev	D	0	0	4	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
	E	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	4	0	0	
	F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	
	G	0	0	0	0	0	3	0	2	0	0	0	1	0	0	
C&I	H	0	0	0	0	4	0	0	0	0	1	0	3	4	2	0
	I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0
	J	2	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	2	3	2	
Com	K	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
	L	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	
	M	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
	N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	O	3	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	2	0	

Figure 4 : Exemple de matrice ASM organisée par les phases du projet

Phase 2 : Traitement

Cette étape consiste à améliorer la supervision mais surtout à faciliter les prises de décisions coordonnées en créant des groupes internes ou interentreprises (ICG) qui réunissent les acteurs qui se situent aux interactions les plus vulnérables dans l'organisation projet. L'appellation générique ICG sera gardée le long de la communication.

Il est généralement difficile d'élaborer des groupes ICG travaillant ponctuellement (à des moments clés du projet) du fait de la dispersion des interactions vulnérables: en effet, un simple coup d'œil à la matrice figure 4 permet par exemple de comprendre à quel point les interactions vulnérables peuvent être situées en dehors des groupes naturellement construits par phases d'avancement du projet. La complexité qui en découle vient tout particulièrement du fait que ces interactions vulnérables sont non seulement inter-acteurs mais surtout inter-phases, ce qui explique les difficultés de leur identification et suivi au fil du temps.

3.2.1 Regroupement en fonction des phénomènes critiques détectés

Le but est de mettre ensemble les acteurs qui incorporeront les groupes ICG à des moments clés afin de prendre des décisions coordonnées. Afin de constituer ces groupes, il est suggéré d'appliquer successivement deux critères distincts :

- Regroupement d'acteurs dont le niveau de vulnérabilité d'interaction est maximal : ceci correspond aux évaluations de niveau 4 à l'intérieur de chaque phase (la phase à laquelle est attribuée l'interaction vulnérable est celle de l'acteur impacté). Par exemple sur la Figure 5, cela correspond à C et D en phase conceptuelle (C est l'acteur impacté et dépendant de cette phase).
- Regroupement d'acteurs appartenant à une boucle de rétroaction positive. Dès qu'un des acteurs impliqués dans la boucle appartient à une phase « t », alors il est suggéré de faire dialoguer l'ensemble des acteurs présent dans cette boucle à propos des impacts potentiels sur la phase « t ». Ainsi par exemple sur la Figure 5, on a fait figurer une boucle de rétroaction positive en violet, les acteurs E, M, J et H seront amenés à discuter des impacts de cette boucle sur les phases « C&I et COM ».

L'ensemble de ces acteurs identifiés permet de constituer les groupes ICG par phase comme le montre le tableau 1. Une attention toute particulière est accordée aux acteurs présents dans les groupes ICG en raison des deux critères susmentionnés. Par exemple, en phase de commissioning, l'acteur *M* sera présent dans le groupe ICG car non seulement il est impliqué dans une interaction très fortement vulnérable, mais il est aussi impliqué dans une boucle de rétroaction positive.

Tableau 1 : constitution des groupes par rapport à des moments clés du projet

	Conceptual	Development	Construction et Installation	Commissioning
Acteurs : interactions vulnérables	C, D	E, H	F, K	H, M , E, N, A, I, L, J
Acteurs : boucle de rétroaction positive			E, H, J, M	H, M , E, N, A, I, L, J
Intervenants groupe ICG	C, D	E, H	E, H, J, F, K, M	H, M , E, N, A, I, L, J

Regroupement par clustering simple

La proposition de regrouper à la main permet déjà d'améliorer considérablement la coordination du projet et des dialogues entre les parties prenantes autour de la problématique des échanges vulnérables au court du projet. Cependant, les groupes constitués pour le moment obéissent à une logique de regroupement par phase.

Nous proposons une approche complémentaire fondée sur une approche de clustering (Eppinger and Browning, 2012), (Hadi and al, 2015). L'objectif est de créer des groupes d'acteurs, indépendamment des phases auxquelles ils sont reliés, afin de maximiser le niveau global de vulnérabilité des interactions à l'intérieur des groupes constitués. Bien entendu, sans contraintes le problème est trivial : il suffirait de constituer un unique groupe de taille égale à la matrice, toutes les interactions étant par nature contenues dans la matrice.

Le problème de clustering peut donc être paramétré selon plusieurs contraintes adaptées au contexte : nombre d'acteurs maximal à l'intérieur des clusters (pour faciliter la coordination et l'animation des groupes constitués), disjonction ou non des clusters, incompatibilité des acteurs actuels à collaborer ensemble (donc à ne pas mettre dans le même cluster),... Un exemple de résultat est par exemple mis en figure 5 avec comme contraintes des clusters disjoints et une taille maximale de 6 acteurs.

IDs	A	B	I	N	O	E	H	J	L	M	C	D	F	G	K
A	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0
B	2	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
I	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
O	3	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0
E	0	0	0	0	0	0	2	0	0	4	0	0	0	0	0
H	0	0	0	2	0	4	0	1	3	4	0	0	0	0	0
J	2	0	0	3	2	0	3	0	0	2	0	0	0	0	0
L	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0
M	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
C	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0
D	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	4	0	0	2	0
F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
G	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	3	0	0
K	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0

Figure 5 : Exemple de matrice ASM clusterisée

Comme le montre le tableau 2 ci-dessous, un maximum d'interactions vulnérables a été regroupé au sein de différents clusters qui sont par nature multi-phases.

Tableau 2 : Représentation des groupes ICG(s)

Global value of interactions :	88
Value of interactions inside clusters:	65
Percentage of interactions inside clusters :	73,9
Initial percentage of interactions inside former clusters	20,5
Improvement ratio :	361,1%

Dans ce cas, le fait d'avoir regroupé un maximum d'interactions vulnérables au sein de clusters d'acteurs nous permet de facilement construire des groupes ICG(s) qui seront chargés avec le chef de projet de surveiller les relations vulnérables entre acteurs et prendre les décisions stratégiques pour le bon déroulement du projet. Au sein de ce cluster, plusieurs actions préventives et/ou correctives pourront en effet être effectuées pour limiter les effets de cette boucle de rétroaction positive. En particulier, les interactions entre acteurs liés à la boucle de rétroaction positive ont été regroupées par hasard au sein d'un même cluster (Cluster 2). Ceci permet au final d'avoir une encore meilleure maîtrise de celle-ci.

Une troisième et dernière stratégie consiste à combiner les deux précédentes en intégrant dans l'objectif de clustering des objectifs liés à des phénomènes collectifs qui vont au-delà de l'interaction par paires d'acteurs. C'est l'objet du paragraphe suivant.

Regroupement par clustering intégrant l'insertion des boucles

Il s'agit de forcer l'insertion des boucles positives dans les clusters. D'un point de vue algorithmique, cela se construit par association forcée de plusieurs acteurs dans un même cluster. On voit assez vite la sensibilité du résultat en fonction de la complexité de la matrice et de la présence de multiples boucles intriquées les uns dans les autres. Il peut donc y avoir contradiction entre l'objectif de mettre ensemble les acteurs impliqués dans des boucles et l'objectif de garder des clusters de taille raisonnable.

Dans notre exemple, il n'y a que deux boucles, mais elles présentent déjà une partie commune, ce qui suppose qu'elles soient intégrées au même cluster. Deux possibilités se présentent :

- Soit on garde la contrainte de disjonction des clusters et on tombe sur une configuration qui enlève les acteurs concernés des autres clusters pour les adjoindre à celui qui contenait déjà la boucle violette, Figure 6. On obtient la configuration suivante : Cluster 1 = {B, I, N, O} ; Cluster 2 = {A, E, H, J, L, M, G} ; Cluster 3 = {C, D, F, K}. Elle permet de tout intégrer dans un seul cluster, mais dans certaines configurations, il pourrait devenir trop gros, dans l'absolu et en relatif par rapport aux autres.

IDs	B	I	N	O	A	E	H	J	L	M	G	C	D	F	K
B	0	0	2	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
I	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
O	0	0	2	0	3	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0
A	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0
E	0	0	0	0	0	0	2	0	0	4	0	0	0	0	0
H	0	0	2	0	0	4	0	1	3	4	0	0	0	0	0
J	0	0	3	2	2	0	3	0	0	2	0	0	0	0	0
L	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0
M	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
G	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0	3	0
C	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0
D	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	4	0	0	0
F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0
G	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	3	0	0
K	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0

Figure 6 : ASM clustérisée première possibilité

- Soit on enlève la contrainte de disjonction pour permettre aux quelques acteurs qui seraient « tirillés » entre l'objectif du clustering de base et l'intégration des boucles d'être présents dans deux clusters au lieu d'un. Là encore, cela doit rester raisonnable, en nombre d'acteurs concernés et en nombre de clusters pour un même acteur, pour une question de charge et d'organisation pratique des groupes. On obtient dans ce cas la configuration suivante : Cluster 1 = {B, I, N, O, A} ; Cluster 2 = {A, E, H, J, L, M, G} ; Cluster 3 = {G, C, D, F, K}. On voit que A est à cheval sur les clusters 1 et 2, et G sur les clusters 2 et 3.

Le tableau 3 ci-dessous montre les caractéristiques finales des clusters proposés dans le deuxième cas, avec acceptation de recouvrement partiel. On voit que l'effort supplémentaire de participation de deux acteurs à deux groupes permet non seulement d'améliorer encore un peu l'intégration des interactions vulnérables dans les clusters, mais également l'intégration des boucles, comme le montre la Figure 7.

Tableau 3 : Représentation des groupes ICG dans la configuration clusters non disjoints

ICG(s)	Acteurs	Temporalités : Ils se regrouperont à des moments clés (selon les livrables) lors des phases	Nombre d'inter.	Nombre d'inter. vulnérables (= 3 ou 4)	Ratio
Cluster 1	B, I, N, O, A	Conceptual, Construction & Installation, Commissioning	7	3	43%
Cluster 2	A, E, H, J, L, M, G	Development, Construction & Installation et Commissioning	10	6	60%
Cluster 3	G, C, D, F, K	Conceptual, Development et Construction & Installation	7	4	57%

IDs	B	I	N	O	A	E	H	J	L	M	G	C	D	F	K	
B	0	0	2	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
I	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
O	0	0	2	0	3	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0
A	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0
E	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	4	0	0	0	0	0
H	0	0	2	0	0	4	1	3	4	0	0	0	0	0	0	0
J	0	0	3	2	2	0	3	0	2	0	0	0	0	0	0	0
L	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0
M	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
G	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0	3	0	0
C	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0
D	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	4	0	0	0	0
F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0
G	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0	3	0	0
K	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0

Figure 7 : Illustration de la combinaison des deux objectifs dans une seule configuration

Ces résultats permettent de montrer la possibilité, à certaines conditions sur la structure initiale de la matrice, de combiner la volonté d'intégrer les interactions vulnérables dans des clusters de taille raisonnable, tout en intégrant également les boucles amplificatrices à l'intérieur de ces clusters pour qu'il y ait un moment, un lieu et un groupe de personnes unifié qui prenne en charge la maîtrise de ces boucles.

4. Conclusion

La structure complémentaire que propose l'article facilite la prise de décision coordonnée entre acteurs issus des différentes parties prenantes impliquées dans le projet, grâce à la création de groupes de travail centrés sur la vulnérabilité des échanges entre ces acteurs. La communication et la confiance s'en retrouvent d'autant plus agrandies que l'accent n'est pas porté sur la recherche des causes de la vulnérabilité, mais sur l'encouragement à travailler de concert pour les maîtriser. Par construction, cette structure complémentaire est amenée à faciliter l'anticipation des risques et vulnérabilités projet, particulièrement aux interfaces entre parties prenantes, ce qui constitue une des sources majeures de risques et échec des projets complexes.

Cette proposition ouvre par ailleurs la voie sur de nombreuses perspectives. Tout d'abord, il sera intéressant à l'avenir de chercher à mieux de définir les vulnérabilités des échanges entre acteurs et en particulier d'essayer d'aboutir à la définition d'une formule générique permettant de calculer la vulnérabilité de ces échanges en fonction de critères préalablement définis. Ces critères pourront par exemple avoir été prédéfinis grâce à l'élaboration d'un référentiel générique de vulnérabilité projet, pour lequel une étude Delphi internationale menée auprès de chercheurs et d'industriels est actuellement conduite. Une autre perspective porte sur l'analyse comparative de multiples structures de matrices, intégrant plus ou moins de boucles plus ou moins intriquées, afin de tester la robustesse de la combinaison des deux ambitions. Une ouverture sur les phases ultérieures qui concernent, non plus le projet, mais l'exploitation, la maintenance, la rénovation/extension et le démantèlement de l'installation.

5. Bibliographie

- Albrechtsen, E., & Hovden, J. (2014). Management of emerging accident risk in the building and construction industry. In: Paper Presented at Workingonsafety.
- Aubry, M., Müller, R., Hobbs, B., & Blomquist, T. (2010). Project management offices in transition. *International Journal of Project Management*, 28(8), 766-778.
- Aubry, M., Hobbs, B., & Thuillier, D. (2007). A new framework for understanding organisational project management through the PMO. *International journal of project management*, 25(4), 328-336.

- Blažević, G., Mišić, S., & Šimac, M. (2014). Importance of Managing PMO in Croatian PM Market. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 119, 949-956.
- Browning, T. R. (2001). Applying the design structure matrix to system decomposition and integration problems: a review and new directions. *Engineering Management, IEEE Transactions on*, 48(3), 292-306.
- Cedergren, A. (2013). Implementing recommendations from accident investigations: A case study of inter-organisational challenges. *Accident Analysis and Prevention*, 53, 133-141.
- Dai, C. X., & Wells, W. G. (2004). An exploration of project management office features and their relationship to project performance. *International Journal of Project Management*, 22(7), 523-532.
- De Rosnay, J. (1975). *Le macroscopie : Vers une vision globale*. Poche. Ed 2014.
- Donnadieu, G., Durand, D., Neel, D., Nunez, E., & Saint-Paul, L. (2003). L'Approche systémique: de quoi s'agit-il? *Afscet*, 1-11.
- Drew, J., McCallum, B., & Roggenhofer, S. (2004). Objectif lean : Réussir l'entreprise au plus juste : enjeux techniques et culturels, 280.
- Eweje, J., Turner, R., & Müller, R. (2012). Maximizing strategic value from megaprojects: The influence of information-feed on decision-making by the project manager. *International Journal of Project Management*, 30(6), 639-651.
- Eppinger, S. D., & Browning, T. R. (2012). *Design structure matrix methods and applications*. MIT press.
- Eppinger, S., & Salminen, V. (2001). Mapping of interactions in the product, organization, process architectures.
- Dodier, N., & Dwyer, T. (1992). Life and death at work. Industrial accidents as a case of socially procured error. In : *Revue française de sociologie*, 33-4. Organisations, firmes et réseaux. p. 670-673.
- Garrette, B., & Dussauge, P. (1995), *Les Stratégies d'Alliance*, Paris, Les Editions d'Organisation.
- Hill, G. M. (2013). *The complete project management office handbook*. CRC Press.
- Hobbs, B., & Aubry M. (2007). A multi-phase research program investigating project management offices (PMOs): The Results of Phase I. *Project Manage J.* 38(1), 74-86.
- Jaber, H., Marle, F., & Jankovic, M. (2015). Improving Collaborative Decision Making in New Product Development Projects Using Clustering Algorithms. *Engineering Management, IEEE Transactions on*, 62(4), 475-483.
- Jamieson, S. (2004). Likert scales: how to (ab) use them. *Medical education*, 38(12), 1217-1218.
- Johnstone, R., Mayhew, C., & Quinlan, M. (2000). Outsourcing Risk-The Regulation of Occupational Health and Safety Where Subcontractors are Employed. *Comp. Lab. L. & Pol'y J.*, 22, 351.
- Kochan, T.A., Smith, M., Wells, J.C., & Rebitzer, J.B. (1994). Human resource strategies and coningent workers : The case of safety and health in the petrochemical industry. *Human Resource Management*, 33(1), 55-77.
- Le Moigne, J. L. (1990). La mémoire du réseau: tout s'écoule... et pourtant. *Flux*, 6(2), 25-32.
- Mahmoud-Jouini, S. B., & Calvi, R. (2004). Les coopérations inter-entreprises dans les projets de développement. *Faire de la recherche en gestion de projet*, pp-161.
- Maigre, A. (2011). Optimisation du modèle de scoring des rapports d'audit interne pour les organisations d'envergure internationale.
- Marsh, D. (2000). The programme and project support office. In: Turner, Rodney J., Simister, Stephen J. (Eds), *Handbook of Project Management*. England, Gower, Aldershot, pp. 131-144.
- Mintzberg, H. (1989). *Mintzberg on management: Inside our strange our strange world of organizations*. New York: The Free Press.
- Milch, V., & Laumann, K. (2016). Interorganizational complexity and organizational accident risk : A literature review. *Safet science*, 2016, vol. 82, p. 9-17.
- Müller, R., (2009). *Project Governance*. Gower Publishing Ltd, Farnham.
- Nenonen, S., & Vasara, J. (2013). Safety management in multiemployer worksites in the manufacturing industry: Opinions on co-operation and problems encountered. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 19(2), 167-183.
- Perrow, C. (1984). *Normal accidents : Living with high-risk technologies*. NY : Basic Books.
- Quinlan, M., Mayhew, C., & Bohle, P. (2001). The global expansion of precarious employment, work disorganization, and consequences for occupational health: A review of recent research. *Gloalization and Occupational Health*, 31(2), 335-414.
- Santarek, K., & Buseif, I. M. (1998). Modelling and design of flexible manufacturing systems using SADT and Petri nets tools. *Journal of Materials Processing Technology*, 76(1), 212-218.
- Sosa, M. E. (2008). A structured approach to predicting and managing technical interactions in software development. *Research in Engineering Design*, 19(1), 47-70.
- Steward, D.V. (1981). The design structure system : A methode for managing the design of complex systems. *Engineering Management, IEEE Transactions on*, (3), 71-74.
- Stoddart-Stones, R. (1988). Development of project management systems for major projects. *Project Management*, 6(1), 34-38.

- Such, N.P. (1999). A theory of complexity, peiodicity and the design axioms. *Research in Engineering Design*, 11(2), 116-132.
- Thomas, J., & Mullaly, M. (2008). *Researching the value of project management*. Project Management Institute, Inc., Editor .Newtown Square, PA.
- Van de Ven, A.H., & Garud, R. (1994). The eco-evolution of technical and institutional events in the development of an innovation. In: Baum JAC, Singh JV, editors. *Evolutionary Dynamics of Organization*. New-York: Oxford University Press. p.425-443.
- Zaytoon, J. (1993). *Extension l'analyse fonctionnelle à l'étude de la sécurité opérationnelle des systèmes automatisés de production* (Doctoral dissertation).