

Etude des organisations en contexte BIM- Comprendre la collaboration à travers l'analyse stratégique et l'analyse des réseaux sociaux

Auteur : Decrouy, Virgil

Promoteur(s) : Leclercq, Pierre

Faculté : Faculté des Sciences appliquées

Diplôme : Master en ingénieur civil architecte, à finalité spécialisée en ingénierie architecturale et urbaine

Année académique : 2021-2022

URI/URL : <http://hdl.handle.net/2268.2/13916>

Avertissement à l'attention des usagers :

Tous les documents placés en accès ouvert sur le site le site MatheO sont protégés par le droit d'auteur. Conformément aux principes énoncés par la "Budapest Open Access Initiative"(BOAI, 2002), l'utilisateur du site peut lire, télécharger, copier, transmettre, imprimer, chercher ou faire un lien vers le texte intégral de ces documents, les disséquer pour les indexer, s'en servir de données pour un logiciel, ou s'en servir à toute autre fin légale (ou prévue par la réglementation relative au droit d'auteur). Toute utilisation du document à des fins commerciales est strictement interdite.

Par ailleurs, l'utilisateur s'engage à respecter les droits moraux de l'auteur, principalement le droit à l'intégrité de l'oeuvre et le droit de paternité et ce dans toute utilisation que l'utilisateur entreprend. Ainsi, à titre d'exemple, lorsqu'il reproduira un document par extrait ou dans son intégralité, l'utilisateur citera de manière complète les sources telles que mentionnées ci-dessus. Toute utilisation non explicitement autorisée ci-avant (telle que par exemple, la modification du document ou son résumé) nécessite l'autorisation préalable et expresse des auteurs ou de leurs ayants droit.

Etude des organisations en contexte BIM

**Comprendre la collaboration à travers l'analyse stratégique
et l'analyse des réseaux sociaux**



Projet de fin d'études réalisé par
Virgil DECROUY en vue de l'obtention du
grade Master Ingénieur Civil Architecte

Sous la direction de Monsieur
Pierre LECLERCQ

Année Académique 2021-2022



Université de Liège
Faculté des Sciences Appliquées

Etude des organisations en contexte BIM

**Comprendre la collaboration à travers l'analyse
stratégique et l'analyse des réseaux sociaux**

Virgil DECROUY

Projet de fin d'études réalisé en vue de l'obtention
du grade Master Ingénieur Civil Architecte

Année académique 2021-2022

Composition du jury :
Pierre LECLERCQ,
Xavièra CALIXTE, Guillaume GRONIER

Résumé

Cette étude a pour objectif l'analyse de la collaboration au sein d'une équipe de projet s'inscrivant dans une démarche BIM (*Building Information Management/Modelling/Model*) à l'échelle organisationnelle. Ce questionnement autour du concept d'organisation s'inscrit plus largement dans une approche du BIM en comme objet d'étude, objet que nous proposons d'étudier en tant que « récit ».

L'analyse mobilise des concepts issus de la sociologie des organisations, soutenus par des techniques d'analyse des réseaux sociaux (*Social Network Analysis*, SNA). La collaboration est alors abordée en tant que système d'action concret. L'étude se focalise sur l'articulation de ce dernier avec les structures organisationnelles prescrites et autonomes du projet. Une analyse stratégique des acteurs est menée sur cette base.

Le terrain expérimental de l'analyse est une équipe de conception de onze acteurs au sein d'un projet pédagogique, le Studio Digital Collaboratif BIM 2020/2021, de l'université de Liège. La documentation produite pour la mise en place du projet ainsi que celle produite par l'équipe de projet sont analysées en tant que données. Une enquête permet de compléter celles-ci. Ces éléments sont notamment traités à l'aide des techniques de SNA permettant de décrire différents réseaux de relations au sein de l'équipe.

Les résultats obtenus permettent de mener une analyse sur toute la durée du projet. L'influence de l'organisation prescrite ainsi que la nécessité pour l'équipe de compléter cette structure organisationnelle pour mener à bien l'action est mise en valeur. Les résultats de l'analyse montrent également la constitution d'un réseau dense d'échanges. Enfin, l'analyse de la stratégie de certains acteurs met en exergue la présence de marges de liberté au sein du système d'action concret.

Abstract

This study aims to analyze the collaboration within a BIM (*Building Information Management/Modelling/Model*) project team at an organizational scale. This investigation on the “organization” concept fits into a broader approach of BIM as a study object, which we propose to study as a “narrative”.

The analysis calls up some concepts from sociology of organizations, supported by techniques Social Network Analysis (SNA). Thus, the collaboration is addressed as a “concrete action system”. Our study focus on the articulation between this concrete action system and both prescribed and autonomous organizational structures of the project. From that point, a strategic analysis of actors is conducted.

The analysis’s experimental field is a design team, composed of eleven actors involved on a pedagogic project, the *Studio Digital Collaboratif BIM 2020/2021* in Liège University. Both documentations generated to set up the project and produced during it are used as data, complete by a survey. These figures are partially processed by SNA methods and allow to describe different networks in the team.

The results allow analysis of the whole project the collaboration over its entire duration. It shows both the influence of the prescribed organizational structure and the necessity for the team to complete this structure to conduct the action. The results also highlight the constitution of a dense communication network in the project team. Finally, a strategic analysis of some actors points the flexibility of the concrete action system.

Remerciements

Je tiens en premier lieu à remercier le professeur Pierre LECLERCQ, promoteur de mon travail de fin d'études, pour ses conseils, sa confiance et sa patience tout au long de la réalisation de ce mémoire.

Je souhaite également remercier Xavièra CALIXTE, pour son implication dans ce travail, ses conseils et les riches échanges que nous avons pu avoir. Je dois en partie ce mémoire à son enthousiasme, à son écoute et au soutien bienveillant qu'elle a su m'apporter aux moments où j'en avais le plus besoin.

Je remercie les membres du jury pour l'attention portée à ce mémoire.

Je tiens également à remercier les onze étudiants du Studio Digital Collaboratif pour leur collaboration au cours de ma récolte de données.

Je tiens enfin à remercier tous ceux qui m'ont soutenu pendant la réalisation de ce mémoire, mes parents pour leur patience, Laura et mes colocataires pour leur soutien et particulièrement Marion pour ses relectures.

Sommaire

| | |
|---|----|
| Résumé | 2 |
| Abstract | 5 |
| Remerciements | 6 |
| 1 Introduction | 9 |
| 2 Etat de l'art : | 11 |
| 2.1 BIM..... | 11 |
| 2.1.1 BIM , définition | 11 |
| 2.1.2 Concrétisation du BIM..... | 12 |
| 2.1.3 Conséquences immédiates du BIM..... | 13 |
| 2.2. Théorie du récit | 14 |
| 2.3 L'activité organisée et l'activité collective..... | 15 |
| 2.3.1 La sociologie des organisations : l'organisation comme moyen construit et le pouvoir comme relation | 15 |
| 2.3.2 Conception collective | 23 |
| 2.4 SNA, un outil de représentation et d'analyse | 25 |
| 2.4.1 Définition et concepts de base | 25 |
| 2.4.2 Méthodes d'analyse | 28 |
| 2.4.3 Exemple et représentation | 29 |
| 3 Problématique et question de recherche..... | 32 |
| 3.1 Réflexions préliminaires : le BIM en tant qu'objet d'étude..... | 32 |
| 3.1.1 De la nature du BIM | 32 |
| 3.1.2 Le BIM en tant que récit..... | 33 |
| 3.1.3 Conséquences..... | 34 |
| 3.1.4 Le récit de l'organisation et le récit du BIM..... | 35 |
| 3.2 Question de recherche | 36 |
| 4 Méthodologie : | 38 |
| 4.1 Synthèse de la méthodologie générale..... | 38 |
| 4.2 Terrain expérimental | 40 |
| 4.2.1 Besoins et choix du terrain expérimental :..... | 40 |
| 4.2.2 Description du terrain expérimental..... | 41 |
| 4.3 Récoltes de données..... | 49 |
| 4.3.1 Données disponibles..... | 50 |
| 4.3.2 Données supplémentaires | 53 |
| 4.4 Traitement des données..... | 57 |
| 4.4.1 Aspect général..... | 57 |
| 4.4.2 Données diffuses | 57 |

| | |
|--|-----|
| 4.4.3 Données issues de l'enquête | 60 |
| 5 Résultats..... | 65 |
| 5.1 Organigramme : | 65 |
| 5.2 Leadership | 71 |
| 5.3 Relation à la seconde équipe | 72 |
| 5.4 Relations hors du cadre de SDC BIM | 73 |
| 5.5 Relations à l'intérieur de l'équipe..... | 73 |
| 5.5.1 Graphes question 2.1 « avec qui avez-vous déjà travaillé ? » | 73 |
| 5.5.2 Graphe qu 2.2 « avec qui travaillez vous en parallèle de SDC ? » | 76 |
| 5.5.3 Graphes qu 2.3 « relation informelles »..... | 79 |
| 5.5.4 Graph qu 2.4 « relations formelles » | 83 |
| 5.6 Valeurs relatives des DC | 86 |
| 6 discussions | 87 |
| 6.1 Analyse de la structure organisationnelle du projet..... | 87 |
| 6.1.1 Régulation de contrôle relationnelle | 87 |
| 6.1.2 Régulation de contrôle séquentielle | 88 |
| 6.1.3 Lecture croisée des régulations de contrôle relationnelles et séquentielles..... | 89 |
| 6.1.4 Conséquences générales des régulations relationnelles et séquentielles | 91 |
| 6.1.5 Le leadership au sein des groupes de modélisation : un leadership structurel .. | 93 |
| 6.1.6 Choix des équipes et influence d'autres paramètres | 95 |
| 6.2 L'acteur face à la structure organisationnelle : analyse stratégique | 95 |
| 6.2.1 Analyse macroscopique du système d'action concret | 96 |
| 6.2.2 Analyse stratégique d'acteurs particuliers | 97 |
| 6.3 Conclusion de la discussion | 105 |
| 7 Conclusion..... | 107 |
| 7.1 Synthèse | 107 |
| 7.2 Limites et perspectives | 107 |
| Bibliographie : | 109 |
| Table des figures | 112 |
| Table des tableaux | 113 |

1 Introduction

L'histoire nous apprend que les techniques et les formes d'organisation de l'activité humaine ne cessent d'évoluer conjointement. La révolution industrielle, l'arrivée de l'informatique et ses développements les plus récents ne sont que les derniers avatars de ces changements. La science, qui s'attache à comprendre le réel, s'est bien entendu intéressée à cette évolution et de nombreux cadres théoriques ont été créés dans cette optique.

Notre expérience, notre parcours et notre cadre socioculturel, nous ont amenés à nous intéresser de plus près à ces évolutions dans le domaine de la construction. L'être humain construit depuis longtemps et ce secteur a vu l'émergence de nombreux modèles techniques et organisationnels à travers l'histoire. Cependant, une des dernières incarnations de l'évolution du secteur est très certainement le BIM¹, ou *Building Information Management/Modelling/Model*. Le BIM est un concept hybride décrivant à la fois un ensemble de méthodes, d'outils, de modes d'organisations et d'objectifs. Nous aurons l'occasion de revenir plus en détail sur la définition du concept. Il est également fortement ancré dans une série d'enjeux contemporains comme l'exploitation des capacités de calculs et de gestion de l'information offertes par l'innovation technologique et la rationalisation économique et écologique de la production. On le voit, le BIM est difficile à définir en lui-même, mais semble, dans les faits, être l'objet d'un certain consensus. Il est, par ailleurs, adopté de plus en plus massivement par les acteurs de la construction et de nombreuses recherches sont menées autour de ce sujet.

Cependant, si de nombreux éléments inclus dans le BIM - son adoption par les entreprises, les nouveaux rôles créés par celle-ci, la réalisation des objectifs escomptés par le BIM ou les représentations numériques partagées par exemple - font l'objet de recherches, force est de constater que le BIM est rarement en lui-même un objet d'étude. C'est cette première intuition, sur la nature du BIM et son appréhension en tant qu'objet d'étude, qui a guidé le processus de recherche présenté dans la suite de ce travail.

Après avoir formulé une hypothèse sur la nature même du concept de BIM, comme pouvant se concevoir comme un récit collectif des évolutions sociotechniques dans le secteur de la construction, nous interrogerons l'influence du BIM sur les organisations qui s'en réclament et les méthodes de compréhension du réel hors du « récit BIM ».

Ce type de questionnement n'est pas nouveau en soi. A ce titre notons, par exemple, l'étude rétrospective de l'arrivée de l'informatique dans les entreprises françaises de (Beltran 2010) ou le positionnement synthétique d'(Alsène 1990). Mais son application au BIM est, en revanche, récente et concentrée soit sur une approche descriptive des organisations dites BIM (Badi et Diamantidou 2017; Wang et al. 2020), soit sur une compréhension plus profonde mais limitée à certains rôles liés directement au BIM (Botton et Forgues 2019).

L'objet de la présente étude est donc de mettre en place des outils d'analyse et de compréhension des conséquences du BIM sur les organisations qui s'en réclament et le mobilisent. Notre question de recherche générale est ainsi la synthèse de ces questionnements : « Quelle est l'articulation des acteurs au sein d'un système d'action concret dit « BIM » ? ». Pour répondre à cette question, nous mobiliserons deux outils d'analyse principaux, initialement issus de la sociologie. Le premier est l'analyse des

¹ Nous emploierons l'acronyme BIM dans la suite du présent travail.

réseaux sociaux, aussi appelé SNA² pour *Social Network Analysis*. Cet outil constitue une forme de description relationnelle, abstraite et mathématisée d'un ensemble, potentiellement un groupe social, sous forme de réseau ou de graphe. Cette mathématisation permet notamment l'analyse des paramètres du réseau et du positionnement des acteurs en son sein. C'est notamment cet outil qui a été utilisé dans les approches que nous avons qualifiées au paragraphe précédent de « descriptives » (Badi et Diamantidou 2017; Wang et al. 2020). Le second outil que nous mobiliserons est la théorie de la sociologie des organisations (Crozier et Friedberg 1977). Cette théorie nous offrira un cadre d'interprétation des phénomènes d'organisation et de collaboration détectés au sein de notre terrain expérimental et partiellement formalisés par la SNA. Elle nous permettra également d'orienter la manière d'aborder notre question de recherche.

Ainsi, après avoir présenté les connaissances utiles à notre analyse dans un état de l'art, nous développerons notre hypothèse sur la nature du concept de BIM pour formuler notre question de recherche. A partir de celle-ci, nous définirons la méthodologie de recherche. Cette méthodologie comprendra notamment le choix de notre terrain expérimental : SDC BIM, un projet pédagogique réalisé en 2021 dans le cadre du master 1 ingénieur-architecte de l'Université de Liège. La discussion se développera alors, autour des résultats, comme une analyse en termes de structure organisationnelle et de stratégie des acteurs, permettant de mettre en évidence l'articulation des acteurs au sein du projet SDC BIM. Cette analyse aboutira sur une synthèse des réponses à la question de recherche et de leurs limites.

² Comme pour le BIM, nous emploierons l'acronyme SNA dans la suite du présent travail.

2 Etat de l'art :

Nous chercherons d'abord à définir notre objet d'étude : le BIM.

Dans un second temps nous explorerons les champs d'études qui seront utiles à notre proposition d'approche de l'analyse de l'organisation et du système concret d'action d'un projet BIM.

Enfin nous expliquerons les bases de nos outils de traitement de donnée qui constituent en eux même une part de la proposition de ce travail.

2.1 BIM

Chaque bâtiment, chaque construction est liée à un lieu et est en cela unique. Cette assertion peut paraître simple. Elle porte cependant en elle une bonne part de ce qui rend le secteur de la construction si particulier. Puisque chaque objet est unique, alors la production de masse de tels objets implique également une part importante de travail dédié à la conception. Un acte de conception pour un objet produit en masse, disons une lampe, permet potentiellement de produire une infinité de lampes, à contrario chaque maison aura droit à sa conception et une construction spécifique.

Cette unicité de la conception et de la production entraîne toute une série de conséquences. Chaque projet verra la création d'une équipe nécessairement pluridisciplinaire et presque toujours unique, qui va fortement évoluer au cours du projet. A chaque projet correspond donc son organisation spécifique et collective du travail. Pour les acteurs du secteur, ce fait a historiquement rendu très compliqué le travail de rationalisation des processus et de centralisation des données à l'œuvre dans les autres grands secteurs industriels (Gallaher et al. 2004).

Cependant la numérisation du secteur apporte des réponses à ces problématiques. Au-delà des logiciels de CAO (Conception Assistée par Ordinateur) ou de communication à distance, aujourd'hui largement diffusés et adoptés, les technologies numériques tendent aujourd'hui à évoluer de la matérialisation et de l'envoi de données vers des formes plus complexes de gestion de celles-ci. C'est ici que se trouve « le BIM ».

2.1.1 BIM , définition

Le BIM est un concept foncièrement polysémique. C'est un acronyme tiré de l'anglais Building Information Modeling, Model ou Management. Les trois termes renvoient donc à des sens différents bien que complémentaires pour exprimer le concept.

En Europe la définition du BIM est donnée par la norme CEN ISO 19650, celle-ci a notamment été retranscrite dans le droit français. On y trouvera la définition suivante du BIM :

« BIM ou modélisation des informations de la construction : utilisation d'une représentation numérique partagée d'un actif bâti pour faciliter les processus de conception, de construction et d'exploitation de manière à constituer une base fiable permettant les prises de décision. » (NF CEN ISO 19650)

Le BIM se définit donc essentiellement comme un *usage* associé à un *artéfact* : la « représentation numérique partagée ». Mais il se définit aussi comme deux *objectifs* : « faciliter les processus » et « constituer une base fiable permettant les prises de décision ».

Aux Etats-Unis, une définition de chaque facette du concept est donnée par le National BIM Standard (« National BIM Standard - United States® Version 3 - 3 Terms and Definitions » 2015) :

« Building Information Modeling: Is a BUSINESS PROCESS for generating and leveraging building data to design, construct and operate the building during its lifecycle. BIM allows all stakeholders to have access to the same information at the same time through interoperability between technology platforms.»

« Building Information Model: Is the DIGITAL REPRESENTATION of physical and functional characteristics of a facility. As such it serves as a shared knowledge resource for information about a facility, forming a reliable basis for decisions during its life cycle from inception onwards.»

« Building Information Management: Is the ORGANIZATION & CONTROL of the business process by utilizing the information in the digital prototype to effect the sharing of information over the entire lifecycle of an asset. The benefits include centralized and visual communication, early exploration of options, sustainability, efficient design, integration of disciplines, site control, as built documentation, etc.– effectively developing an asset lifecycle process and model from conception to final retirement. »

Si, bien sur, les éléments de la définition française se retrouvent dans la norme états-unienne, celle-ci va, d'une certaine manière plus loin. La notion d'usage est développée et complétée, c'est *l'organisation et le contrôle d'un processus associé à un artefact*. De plus, au lieu d'objectifs, ce sont des effets qui définissent le BIM. Le BIM « permet » (« BIM allows »), « sert de » (« serves as »), « les bénéfices incluent » (« The benefits include »).

A ce stade remarquons également que dans les deux cas, objectifs ou effets sont mélioratifs : le BIM vise à « faciliter », à créer une « base fiable », pour la norme américaine il crée cette « reliable basis » et ses effets sont de « benefits » permettant le développement efficace (« effectively developing ») de processus et de modèles.

En somme le BIM n'est pas un outil technique au sens courant du terme, ni même une méthode en soi. C'est un concept qui reprend des usages organisationnels associés à un artefact et surtout à des objectifs, voir des effets.

2.1.2 Concrétisation du BIM

Si définir le BIM est déjà un acte complexe en soi, sa mise en place et ses effets concrets le sont encore plus. Résumons la manière dont se concrétise matériellement le BIM dans un projet.

L'élément le plus consensuel dans la vision courante du BIM, et qui est parfois confondu par synecdoque avec le concept de BIM même, est certainement la « *représentation numérique partagée* ». Cette représentation souvent appelée maquette BIM est l'objet le plus concret du BIM. Il s'agit de modéliser numériquement, généralement en 3D, l'ensemble d'un bâtiment dans un format permettant l'interopérabilité entre corps de métier. Cette maquette, au-delà d'un simple modèle géométrique, est une véritable base de données, permettant généralement des analyses complexes du modèle : repérages de clashes géométriques entre éléments, métrés, phasage des travaux, etc. Les méthodes de modélisation et mises en commun diffèrent dans leur intégration des données modélisées par les différents acteurs.

Le second élément est l'organisation et le contrôle des processus à l'œuvre dans le projet. C'est l'usage qui permet la création et le maintien de la maquette numérique et qui est à la fois permis par elle. En effet la nature partagée de la maquette *demande* et *induit* de nouveaux comportements chez les acteurs qui y ont accès.

Ces changements organisationnels sont notamment visibles à travers la création de nouveaux postes. C'est notamment le cas des postes de « BIM modelleur » et « coordinateur BIM », par exemple officialisés en France par deux arrêtés du 12 juillet 2019 en tant que titres professionnels, ou encore de « BIM manager ». Ces postes représentent un changement organisationnel d'autant plus important qu'ils disposent d'une position particulière dans l'organisation des projets (Badi et Diamantidou 2017; Wang et al. 2020; Botton et Forgues 2019) .

Par ailleurs, les démarches BIM incluent une forte demande de stabilité et de prévision des processus, tant du point de vue purement organisationnel que technique, nécessaire à la collaboration de corps de métiers variés. Ce besoin de prévisibilité se matérialise dans le « protocole BIM » et le « plan d'exécution BIM ». Ceux-ci ont pour but de fixer en début de projet un grand nombre de spécifications techniques propres à la maquette BIM et aux processus qui lui sont liés (niveau de détail de la modélisation ou LOD, processus de partage des données, répartition des tâches et des responsabilités, livrables dû, etc.). Ce protocole s'accompagne d'autres documents tels que le cahier des charges BIM ou le plan d'exécution BIM. La valeur légale et la hiérarchisation des documents sont définies par contrat. Comme le précise le protocole BIM Belge (« PROTOCOLE BIM BELGE. PROTOCOLE DE REFERENCE NATIONAL POUR LES BATIMENTS » 2018), « *Le protocole BIM (BIM protocol) est un document contractuel* » mais c'est également « *un document 'vivant' que l'on peut évaluer et, si nécessaire, adapter régulièrement* ». Le protocole est donc à la fois un outil contraignant et protégeant les acteurs, y compris légalement. La rédaction ou la révision de ce protocole est *a priori* de la responsabilité du rôle de BIM manager mais en collaboration avec les autres acteurs³.

Les changements d'organisation et de méthodes techniques *demandées* par le BIM sont relativement bien documentés et font notamment l'objet de standards et de guides de « bonne pratique » (Lea et al. 2015), (Kasim et al. 2017), (Kassem et al. 2014).

De plus, l'intégration technique et organisationnelle du BIM par l'application de ces « *bonnes pratiques* » peut être mesurée. C'est ce qui est désigné par le « *degré de maturité BIM* » (« National Building Information Modeling Standard Version 1 - Part 1: Overview, Principles, and Methodologies » 2007). Cette évaluation peut notamment être utile dans une démarche d'accompagnement de l'adoption du BIM par une entreprise (de Boissieu 2014) ou encore dans une démarche d'évaluation des effets du BIM (de Boissieu et al. 2016). Cependant cette mesure ne va pas de soit et fait l'objet de recherches en même temps que d'une grande variété de méthode de mesures (Wu et al. 2017).

2.1.3 Conséquences immédiates du BIM

Nous pensons pouvoir tirer certaines conclusions à ce stade sur les effets du BIM en termes d'organisation. Nous intégrerons celles-ci à l'état de l'art, considérant qu'elles sont aujourd'hui suffisamment bien documentées, au point parfois de pouvoir passer pour des évidences, et ce d'autant mieux qu'elles sont présentes sous forme d'objectifs dans la définition du BIM lui-même.

³ Dans les faits, ce protocole peut devenir un nouveau terrain de négociation et de relation de pouvoir ou une extension de celui constitué par le volet contractuel/juridique du projet. Il peut devenir un l'objet d'un « jeu » tel que nous le définirons dans le chapitre 2.3.

La première conséquence immédiate du BIM est l'amélioration de l'intégration au sein d'un même processus d'un nombre croissants d'acteur. L'adoption du BIM pour un projet semble consubstantielle d'un approfondissement de la collaboration inter-organisationnelle. Plus généralement, le nombre d'échanges entre acteurs au sein d'un projet BIM semble augmenter par rapport à un projet non BIM (Badi et Diamantidou 2017).

La seconde conséquence, là encore portée explicitement par le BIM, est une forte médiatisation numérique des échanges de données, qui facilite notamment l'augmentation du travail inter-organisationnel. L'augmentation du travail à distance et donc de la médiatisation des échanges, de manière plus large que les seules données de la maquette, est à la fois une conséquence conjointe de ces deux idées et une des origines du BIM.

Par ailleurs, une partie des échanges de données tend à s'automatiser dans l'objectif d'atteindre une certaine simultanéité de l'accès à l'information. Là encore cette conséquence est déjà portée dans la définition du BIM « *BIM allows all stakeholders to have access to the same information at the same time* » (« National BIM Standard - United States® Version 3 - 3 Terms and Definitions » 2015).

Enfin les pratiques tendent à être de plus en plus formalisées, au moins sur le principe, par le protocole BIM. Ce dernier renforce aussi les contraintes légales pesant sur les pratiques. On peut ainsi postuler que la nécessité de modifier les pratiques organisationnelles, la formalisation accrue de celles-ci, ajoutées aux contraintes légales, font de la réflexivité des acteurs sur leurs propres organisations et sur leurs méthodes un enjeu croissant.

2.2. Théorie du récit

Après avoir tenté de définir le BIM et ses conséquences, nous nous permettrons de faire un détour par une question qui peut sembler lointaine, mais qui nous sera utile pour formuler notre question de recherche et notre analyse : le récit.

Un récit se définit couramment comme la narration d'un événement. Cette narration peut avoir différents supports, oraux comme écrits et l'événement peut être fictif ou réel.

Complétons cette définition en disant qu'il existe plusieurs récits possibles d'un événement. Chacun d'eux se caractérisant par un développement spécifique des faits. Le récit est une présentation particulière de l'événement. Il comporte donc une certaine part de subjectivité, tant dans les choix de représentation, que dans la manière dont il sera reçu. Enfin, rappelons que « *Un récit est un discours qui, d'une façon ou d'une autre, doit éveiller l'intérêt de l'auditoire* » (Kintsch et Van Dijk 1975).

L'appréhension du récit comme problématique d'étude concerne un grand nombre de champs de recherche : littérature, linguistique, sémiologie, philosophie... Mais notre but sera ici de comprendre comment reconnaître un récit.

En première analyse, le récit peut être décrit comme « *une hiérarchie d'instances* », c'est en tout cas ce que propose le philosophe et sémiologue Roland Barthes (Barthes 1966). Celui-ci décrit trois *niveaux de description* (Barthes 1966) :

- le niveau fonctionnel : chaque élément à ce niveau est porteur d'un sens, c'est-à-dire de la possibilité de se lier à d'autres éléments fonctionnels.
- le niveau actionnel : chaque élément actionnel intègre plusieurs éléments fonctionnels pour créer une action.
- le niveau de la narration ou du discours : l'unité de narration intègre les différentes actions qui s'articulent ensemble séquentiellement.

Ce modèle issu de la linguistique permet d'analyser des récits à différentes échelles, de la phrase jusqu'au livre et au-delà. Pour décrire ces différentes échelles d'analyse, le linguiste Teun A. Van Dijk proposera les termes de *micro* et *macro* structures (Kintsch et Van Dijk 1975). Le même auteur proposera également l'idée qu'il existe une base textuelle explicite, c'est-à-dire qui est présente dans le texte même, et une base textuelle implicite qui peut être retrouvée ou recréée par le récepteur du récit à partir du contexte et de la base explicite (Kintsch et Van Dijk 1975).

Van Dijk s'intéresse notamment, sous un angle psychologique, au rôle de ces macrostructures dans la compréhension et la mémorisation des textes. Il explique que la plus grande macrostructure, déduite de manière analytique d'un récit semble correspondre au *résumé* que des sujets peuvent donner de celui-ci. Enfin, il explique que l'ensemble de règles qu'il a pu dégager au cours de ses recherches « *engendrent une macrostructure constituée d'une proposition identificatrice de l'agent principal et de l'état initial et de propositions dénotant des actions et des événements qui provoquent directement une complication ou une résolution, c'est-à-dire une convergence vers ou un éloignement de l'état final désiré.* » (Kintsch et Van Dijk 1975). Ce qui peut se résumer simplement par l'idée qu'un récit peut généralement se résumer par un schéma simple : situation initiale, protagoniste, élément déclencheur, action amenant à une situation finale convergente ou divergente avec l'état final attendu.

2.3 L'activité organisée et l'activité collective

Nous l'avons expliqué dans notre introduction, l'objectif du présent travail est de proposer une approche permettant la compréhension des dynamiques de collaboration dans un contexte BIM. Pour permettre cette approche, nous devons donc nous attacher à comprendre, de manière plus générale, ce que signifie concrètement « travailler collectivement ». Le sujet est vaste. Nous avons décidé, dans le cadre de la présente étude, de l'aborder principalement sous l'angle de l'organisation de l'activité, qui permet la dimension collective de la collaboration.

Il s'agira donc, dans un premier temps, de considérer l'organisation comme moyen d'action et comme lieu de relations sociales, donc lieu de pouvoir et d'échange. Ainsi, c'est d'abord sur une approche sociopolitique que nous nous baserons. Nous viendrons ensuite compléter cette base de travail par d'autres approches centrées autour de l'activité collective elle-même et non de son organisation.

2.3.1 La sociologie des organisations : l'organisation comme moyen construit et le pouvoir comme relation

Si l'on peut faire remonter les questionnements relatifs à l'organisation des rapports humains jusqu'à très loin dans l'histoire, c'est véritablement au XX^{ème} siècle que ces questionnements se sont structurés en tant que champs d'étude. De nombreuses disciplines se sont intéressées à celui-ci, allant de l'économie à la psychologie, du management jusqu'à la sociologie.

C'est cette dernière discipline que nous avons choisi de mobiliser, étant la plus adaptée à l'étude et à la compréhension des situations concrètes à une échelle collective. Une bonne part du travail que nous présenterons ici s'inscrira donc dans le contexte de la sociologie des organisations, sous le prisme sociopolitique, c'est-à-dire sous le prisme de l'étude sociologique des relations de pouvoir.

Cette approche sociopolitique a connu diverses évolutions mais un des premiers ouvrages à la théoriser, bien qu'il ne la nomme pas ainsi, a été « *L'Acteur et le Système* » de Michel Crozier et Erhard Friedberg (1977). Il y sera fait de nombreuses fois référence dans le présent travail, notamment parce qu'il nous fournit certaines bases théoriques.

Le premier concept que nous reprendrons de la théorie développée par M. Crozier et E. Friedberg est l'idée qu'une organisation est avant tout une construction sociale contingente, créée pour atteindre un objectif. Construction sociale d'abord, parce qu'aucune organisation n'est naturelle en soi, même si certaines peuvent être issues de traditions anciennes et paraître « aller de soi ». Contingente ensuite, parce que largement indéterminée. Un objectif ou un problème à résoudre n'impose pas *a priori* une organisation donnée, et quand bien même, l'objectif ou la manière de poser le problème relèverait encore d'un choix humain.

Dans cette perspective l'organisation est donc « *un artefact humain qui [...] rend possible le développement des entreprises collectives des hommes, mais conditionne en même temps profondément leurs résultats.* » (Crozier et Friedberg 1977). L'organisation est un moyen qui conditionne les fins atteignables, et c'est bien ce conditionnement qui explique l'intérêt de considérer l'organisation comme un problème, comme un objet d'analyse en soi.

2.3.1.1 L'acteur

Une organisation est constituée d'acteurs agissant au sein d'un système, c'est-à-dire d'un champ social structuré de manière à orienter et intégrer leurs comportements pour permettre la coopération dans le but de réaliser un objectif.

La notion d'*acteur* est ici centrale et va nous permettre également de comprendre les moyens de structuration du champ social. L'acteur est ici défini par deux notions : *sa liberté et sa rationalité, toutes deux limitées.*

La liberté de l'acteur est complète dans le sens où ses actions ne peuvent être déterminées à l'avance, elles résultent toujours d'un choix plus ou moins conscient. Cependant cette liberté est doublement limitée. D'abord par les capacités d'action de l'acteur, c'est-à-dire ses limites en tant qu'individu : connaissances, savoirs faire, capacités physiques, disponibilité, etc. Elle est ensuite limitée par ses opportunités, ses possibilités d'action, liées au contexte et à l'organisation dans laquelle se trouve l'acteur. Néanmoins, celui-ci peut également agir sur l'organisation de manière à se créer des opportunités.

La rationalité limitée de l'acteur est quand à elle un concept issu de la pensée d'Herbert Simon ((JG March, H Simon, 1958) in Crozier, 1977). L'idée est que l'être humain ne peut complètement optimiser ses décisions. Ceci est dû, d'une part, à l'impossibilité pour lui de disposer avec certitude de l'ensemble des informations théoriquement nécessaires pour poser et résoudre un problème, et d'autre part à une limitation de sa capacité de traitement de ladite information, sinon en capacité du moins en temps de calcul disponible. L'humain dans cette perspective ne raisonne pas alors de manière synoptique mais séquentielle : il choisit « la première solution qui correspond pour lui à un seuil minimal de satisfaction. » (Crozier 1977).

Le même auteur rajoute qu'il est compliqué, voir impossible, de définir clairement des objectifs comme attributs d'un acteur donné. Ceux-ci sont changeants, parfois incohérents entre eux, potentiellement implicites ou constitués à *posteriori* pour justifier un comportement.

Tout comportement peut alors être considéré comme rationnel au niveau de l'analyse, mais dans le cadre de la rationalité limitée propre à l'acteur et vis-à-vis de ses opportunités, donc du contexte organisationnel dans lequel il s'inscrit.

Il est alors possible de donner une définition de la notion de *stratégie*. C'est une rationalisation, dans l'acceptation qui vient d'en être donnée, *a posteriori* des régularités de comportement d'un acteur.

2.3.1.2 Pouvoir :

La deuxième définition que nous reprendrons à notre compte est celle du pouvoir. Pour Crozier et Friedberg, celui-ci est avant tout associé à une relation entre acteurs ou entre groupes d'acteurs, et non pas aux acteurs eux-mêmes. Dans cette perspective c'est un non-sens de dire qu'un acteur possède du pouvoir, en revanche il peut avoir un pouvoir vis-à-vis d'un autre acteur dans un contexte donné.

Plus précisément : « *le pouvoir de A sur B correspond à la capacité de A d'obtenir que dans sa négociation avec B les termes de l'échange lui soient favorables.* » (Crozier et Friedberg 1977).

Ce qui s'échange alors dans la relation de pouvoir, c'est la possibilité d'action, c'est-à-dire le comportement d'un ou des acteurs impliqués. Le pouvoir, c'est la capacité à négocier le comportement de l'autre. L'espace de négociation, le lieu d'expression du pouvoir, sera appelé « jeu ».

Il peut par exemple y avoir un jeu pour déterminer la répartition des tâches, chacun essaiera d'imposer à l'autre certaines tâches. Il peut y avoir jeu également autour de l'obtention d'une position dans l'organisation pour laquelle les acteurs vont faire « jouer » leurs pouvoirs respectifs. De la même manière les règles au sein de l'organisation peuvent faire l'objet de jeux. Par exemple le mode de décision du choix de logiciel dans un groupe de travail peut faire l'objet d'une négociation : tel acteur essaiera d'imposer l'utilisation d'un seul logiciel pour tous les projets, à l'inverse tel autre pèsera de tout son poids pour que le choix du logiciel utilisé soit rediscuté pour chaque nouveau projet. Dans ce cas la discussion porte sur le fait de donner ou pas une opportunité régulière (de négociation) aux acteurs.

Dans cette logique la liberté et la rationalité limitées de l'acteur se retrouvent au centre de la négociation de A avec B à travers deux notions. D'abord, sa marge de liberté, c'est-à-dire ses possibilités d'action, ses ressources, qui sont fonction tant de paramètres propres à l'acteur que de sa position dans l'organisation. Ensuite son incertitude, c'est-à-dire les manques d'information qui limite sa rationalité et dont une des sources premières pour A est la liberté de B.

Du point de vue de A :

Sa marge de liberté détermine ce qu'il a à offrir à B.

La marge de liberté de B, détermine à la fois ce que A peut gagner dans la négociation et créer de l'incertitude sur l'action de B

L'information accessible à A, détermine sa capacité à prévoir les actions de B, c'est-à-dire à réduire son incertitude. Par exemple, savoir dans quelles autres relations B est engagé lui permettra de connaître les enjeux de B dans la négociation et donc de mieux appréhender sa rationalité limitée, les stratégies gagnantes de son point de vue.

Pour analyser la relation de pouvoir de deux acteurs il faut encore ajouter deux paramètres aux marges de libertés et aux informations détenues par les deux parties de la négociation : la pertinence des informations et des opportunités, suivant l'objet de la négociation, et le caractère plus ou moins mobilisable dans cette négociation des ressources à disposition des acteurs.

Enfin, il peut paraître étonnant dans cette perspective qu'une organisation se maintienne dans le temps malgré les relations de forces constantes de ses membres. Cependant, ici les relations de pouvoir portent en elles leurs propres limites. Si toute relation implique un pouvoir de l'un des acteurs sur l'autre, alors pour que le pouvoir s'exerce il faut qu'il y ait relation. Autrement dit, toute relation de pouvoir est limitée par la volonté de celui qui est en position défavorable dans la négociation d'y rester. Ce que signifiera « se désengager d'une relation » sera d'ailleurs un moyen de réguler l'organisation. Par exemple, dans une

entreprise un supérieur hiérarchique qui « abuserait » de son pouvoir sur ses subalternes pourra d'autant mieux le faire que ceux-ci n'ont pas d'autres choix pour « sortir » de la relation que de démissionner. A l'inverse si ceux-ci peuvent facilement demander à changer d'équipe au sein de la même organisation alors « l'abus » de pouvoir devra rapidement cesser sous peine de ne plus trouver personne sur qui l'exercer. Autrement dit les stratégies des acteurs ont pour limite qu'elles doivent a minima maintenir l'organisation dans laquelle elles prennent place pour continuer d'exister.

2.3.1.3 Leadership

Avant de continuer l'exposé de la théorie de la sociologie des organisations, nous prendrons la peine de détailler une notion qui nous sera utile par la suite et qui découle traditionnellement de celle de pouvoir : le leadership. Cette notion, issue du langage courant, est utilisée dans différents domaines de manière parfois assez différente, le leadership d'un pays n'est pas exactement de même nature que celui d'un manager.

Pour les besoins de notre travail le leadership apparaîtra selon deux aspects : en tant que donnée et en tant que description d'un phénomène de pouvoir.

En tant que donnée, nous comprendrons le leadership dans sa définition courante. Le leadership sera alors vu comme, littéralement, « le fait de mener ». C'est-à-dire qu'une personne possédant le leadership au sein d'un groupe sera celle qui aura la capacité d'influencer le groupe. Cette définition courante reste relativement vague et peut inclure divers aspects, ce peut être un « leadership » basé tant sur les attributs de l'acteur (personnalité, connaissances, liens interpersonnels) que sur des éléments liés au contexte social et/ou organisationnel (fonctions, place dans l'organigramme... etc). L'important ici n'est pas tant que le leadership fasse l'objet d'une définition précise que d'un consensus au sein de l'échantillon analysé (Krackhardt 1990).

En tant que description, le leadership sera utilisé dans une autre acceptation, tirée de la notion de pouvoir proposée dans le présent travail. Le leadership sera alors compris comme le fait, pour un acteur, de pouvoir exercer un pouvoir sur un groupe. Autrement dit, dans un groupe, l'acteur exerçant un leadership sera celui capable dans sa négociation avec le reste du groupe d'obtenir les termes de l'échange qui lui conviennent. De la même façon que nous avons définie la stratégie comme une régularité dans les comportements d'un acteur, le leadership sera une régularité du pouvoir de l'acteur sur le groupe. Nous n'utiliseront donc pas la notion de leadership pour décrire une situation à un instant donné mais bien pour décrire la relative stabilité d'une relation de pouvoir dans le temps.

Dans les faits, ce terme de leadership s'est surtout imposé à nous à travers nos données et à l'usage pour décrire une distribution stable du pouvoir dans le temps. Notre travail ne porte pas directement sur le leadership mais s'en sert comme d'une notion utile à la description, ce qui expliquera en partie notre liberté dans la définition du terme.

Ce choix de définition sera complété et argumenté pour s'adapter complètement à notre question de recherche et à notre terrain expérimental au sein de la partie méthodologie

2.3.1.4 Structuration

A partir des éléments définis précédemment, il est désormais possible de définir les principaux paramètres de structuration du champ social, c'est-à-dire les paramètres concrets

permettant de créer des stratégies rationnellement gagnantes du point de vue de l'acteur, en vue d'orienter son action.

Le premier de ces paramètres est l'offre d'opportunités à l'acteur, modifiant ainsi sa *marge de liberté*. Par exemple, une organisation fortement hiérarchisée qui impose un interlocuteur unique (par exemple son supérieur hiérarchique) à l'acteur, réduira fortement sa liberté. A l'inverse, dans une organisation où l'acteur possède plusieurs interlocuteurs privilégiés, c'est-à-dire qu'entrer en relation avec eux constitue une stratégie potentiellement gagnante, celui-ci disposera d'un choix imprévisible *a priori*, donc d'une certaine liberté. Cette liberté reste cependant limitée puisque l'organisation définit un nombre fini d'interlocuteurs privilégiés.

Le second paramètre est l'accès à l'information donné à l'acteur, c'est-à-dire l'*incertitude* qui va limiter sa rationalité. Par exemple, l'accès à l'état d'avancement de ses différents collaborateurs influencera les décisions de l'acteur. Il sera possible de négocier un soutien à tel collègue en retard, ou d'adopter une stratégie de désolidarisation en prévision d'un retard global du projet. A l'inverse, il sera possible d'utiliser ce retard d'un collaborateur pour pouvoir négocier en position de force plus tard. Dans cet exemple, la réduction de l'incertitude quand à l'avancement des autres acteurs permet à l'acteur de comprendre ses opportunités. Plus généralement, la connaissance même du réseau de circulation de l'information est corrélée au pouvoir des acteurs dans une organisation (Krackhardt 1990).

En plus de l'accès aux opportunités et aux informations, M. Crozier (1977) explicite également deux autres modes de structuration de l'organisation.

D'abord, une organisation peut doter un acteur de *prérogatives formelles*, « c'est-à-dire de pouvoirs particuliers de sanction ou de récompense » (Crozier et Friedberg 1977). Par exemple un acteur peut avoir le pouvoir de faire entrer ou sortir un autre acteur de l'organisation ou encore de modifier sa position. Ce qui, dans une entreprise, se traduirait par le pouvoir d'embaucher, de renvoyer ou de promouvoir un salarié.

Enfin l'organisation va déterminer les *enjeux* des jeux organisationnels, donc ce qu'un acteur pourra retirer de ses relations de pouvoir. En effet, si un acteur possède une opportunité, faut-il encore qu'il décide de la prendre ou non.

2.3.1.5 Organisation et système d'action concret

Si jusqu'à maintenant nous avons principalement parlé « d'organisation », il convient à ce niveau d'approfondir cette notion, notamment en introduisant celle de système d'action concret.

En effet la notion d'organisation renvoie à deux idées. Une organisation est d'abord un ensemble de règles définissant un groupe humain et les contraintes qui s'y appliqueront : répartition des tâches, organigramme, planning, accès à l'information, etc. Cependant la réalisation collective d'un objectif, la coordination des actions individuelles tendant à réaliser cet objectif, peut difficilement se résumer à cette vision de l'organisation. Au contraire, dans la perspective développée jusqu'ici, elle suppose une part de liberté stratégique laissée aux acteurs, une utilisation voir un détournement des règles de l'organisation. Pour rendre compte de cette réalité M. Crozier et E. Friedberg proposent la notion de « *système d'action concret* ». Ce système d'action concret se définit comme « *un ensemble humain structuré qui coordonne les actions de ses participants par des mécanismes de jeux relativement stables et qui maintient sa structure, c'est-à-dire la stabilité de ses jeux et les rapports entre ceux-ci, par des mécanismes de régulation qui constituent d'autres jeux* » (Crozier et Friedberg 1977). Cette notion de système d'action concret a été créée pour décrire de nombreux groupes humains structurés dont les organisations font partie.

Le « système d'action concret » décrit la réalité empirique de la manière dont les jeux organisationnels s'articulent. C'est la structuration de l'action collective non pas telle qu'elle est imposée, conçue ou même perçue, mais telle qu'elle se réalise à travers les acteurs, leurs stratégies et leurs relations de pouvoir. On peut chercher à organiser le système d'action mais rien ne nous permet de postuler que le système d'action concret correspondra exactement à cette organisation.

Cette notion s'oppose à la fois à une vision sur-déterministe et à une vision purement volontariste, ce n'est ni l'organisation qui conditionne complètement le comportement des acteurs ni ceux-ci qui agissent selon leur intérêt propre, il y a au contraire un phénomène d'inter-structuration.

Pour pouvoir définir et étudier un système d'action concret il faut donc avoir une double analyse. D'une part une analyse systémique, qui part de l'ensemble humain dont l'action semble cohérente et structurée. Nous y analyseront alors les contraintes qui s'appliquent au système pour tenter de rationaliser le comportement des acteurs. D'autre part une analyse stratégique, qui part du comportement des acteurs pour tenter de retrouver les contraintes du système.

Cette notion de système d'action a également l'avantage d'être plus souple que la notion d'organisation. Notamment en prenant en compte la possibilité de limites moins fixes, un acteur hors de l'organisation peut très bien prendre part au système d'action par exemple. De plus, si une organisation peut proposer des règles qui normalisent des comportements, dans un système d'action concret les règles de l'organisation ne sont plus que les bases d'une structure à partir de laquelle les acteurs composeront. Dès lors, s'écarter de ces règles n'est plus anormal du point de vue de l'analyse, les comportements « déviants » ne sont plus analysés comme « pathologiques » mais au contraire comme des manifestations du fonctionnement du système d'action.

Pour séparer ces deux visions de l'organisation, nous choisirons d'appliquer le terme de structure organisationnelle aux ensemble de régulations et système d'action concret sa manifestation en tant que phénomène.

2.3.1.6 Régulations des systèmes d'action concret

Nous l'avons vu, dans la perspective que nous résumons ici à grands traits, un système d'action concret est structuré par un ensemble de régulations. Ce sont ces régulation qui assure la stabilité, le maintient et en quelque sorte l'existence même du système d'action qui s'incarne par ailleurs dans les acteurs qui le composent et leurs comportements vis-à-vis de ces régulations. De plus ces régulations constituent en elles-mêmes des jeux, des enjeux de négociation où les relations de pouvoir s'exerceront.

Ces régulations nous l'avons également déjà dit peuvent jouer sur plusieurs paramètres :

- La marge de manœuvre des acteurs, à travers la création d'opportunités.
- L'information accessible aux acteurs. Il n'est par exemple pas indifférent de collaborer dans un *open-space* ou dans des bureaux individuels. De même, des communications numériques seront différentes dans un espace commun (conversation de groupe), dans un espace dédié mais accessible à tous (conversation thématique) ou encore dans des espaces privés.
- La nature des jeux, qui va déterminer la pertinence des opportunités et des informations accessibles aux acteurs. Par exemple, maîtriser toutes les informations relatives à la création d'un objet peut être pertinent si cette création est au centre du jeu de pouvoir, beaucoup moins si l'enjeu est dans l'intégration de cet objet dans un processus extérieur.

- Les enjeux propres à pousser ou pas l'acteur à s'engager et à prendre des risques.

Dans le présent travail nous distinguerons également la forme et l'origine de ces régulations selon deux dichotomies : régulation formelle ou informelle et régulation de contrôle ou autonome (Reynaud 1988).

La différence entre formel et informel paraît à première vue la formulation la plus immédiate et également la plus classique (Reynaud 1988). Une régulation formelle sera une régulation explicitée, que ce soit par écrit ou à l'oral, à l'inverse l'informel sera implicite.

A cette distinction de forme, (Reynaud 1988) propose d'ajouter une distinction d'origine et de nature qu'il juge plus apte à entrer dans l'analyse et que nous reprendrons ici. La distinction semble pouvoir se faire entre une régulation de contrôle, c'est-à-dire une régulation imposée à un groupe de l'extérieur, à une régulation autonome prise par le groupe lui-même. Cette définition oppose les deux régulations, chacune se crée ou se modifie en réaction à l'autre. C'est donc une définition relative.

Il ne faudra pas ici confondre régulations informelle et autonomes. Une régulation autonome peut tout à fait être formalisée. On pensera par exemple au choix d'une méthode de travail ou encore à la tenue de réunions hebdomadaires décidée à l'intérieur du groupe pour le groupe. A l'inverse, une direction peut avoir pris l'habitude de promouvoir régulièrement les acteurs qui détiennent une position spécifique dans un groupe. En augmentant implicitement l'enjeu de l'obtention de cette position, la direction peut ainsi créer un jeu de pouvoir qui sera donc le fruit d'une régulation de contrôle informelle. En repartant de cet exemple, le groupe va pouvoir soit accepter cette régulation telle quel, soit s'adapter, par exemple en définissant une nouvelle régulation autonome, formelle ou pas, de type « la position s'acquiert à l'ancienneté ».

Les trois éléments présentés ici : régulations de contrôle, régulation autonome et système d'action concret, communiquent donc entre eux. La transcription d'un comportement dans la structure organisationnelle, de contrôle ou autonome, est possible et peut elle-même faire l'objet d'un jeu. Cependant dans notre étude nous n'envisageront pas le passage d'un comportement ou d'une régulation autonome dans la régulation de contrôle.

En se basant sur cette distinction entre régulation de contrôle et autonome, nous proposerons d'appeler « structure organisationnelle prescrite », ou « organisation prescrite » l'ensemble des régulations de contrôle. La structure organisationnelle est alors l'ensemble formé de l'organisation prescrite et des régulations autonomes.

2.3.1.7 Synthèse

La sociologie des organisations est un domaine vaste et nous n'avons fait ici qu'en donner des bases de compréhension. Cette approche constituera le socle de réflexion pour la suite de la présente étude.

A ce stade, nous nous permettrons de synthétiser le propos.

Tout d'abord, toute organisation est une construction sociale. Elle est constituée d'un ensemble de régulations, de natures variées, visant à intégrer les comportements des acteurs qui la composent pour permettre la réalisation d'une action collective.

L'acteur dans cette perspective est défini par sa liberté et sa rationalité, toutes deux limitées. Une régularité dans le temps d'un comportement de l'acteur sera appelée stratégie.

Les acteurs sont liés entre eux par des relations de pouvoir, c'est-à-dire la possibilité de négocier entre eux leurs comportements respectifs. Les questions autour desquelles se constituent ces relations de pouvoir seront appelées jeux. Pour assurer son maintien dans le

temps, l'organisation doit assurer la stabilité de ces jeux. Par cette stabilisation des jeux, l'organisation stabilise partiellement les relations de pouvoir entre les acteurs et leurs comportements. En somme, l'organisation oriente les stratégies des acteurs pour permettre son propre maintien et la réalisation de l'action collective. En cela, l'organisation dans son incarnation concrète fait système.

Il existe alors une dialectique entre l'organisation en tant qu'ensemble conceptuel de régulations et sa réalisation concrète à travers les acteurs, leurs comportements, la manière dont ceux-ci vont entrer en relation entre eux et utiliser leur liberté à l'intérieur des limites posées par les régulations. L'ensemble conceptuel des régulations sera appelée structure organisationnelle et l'ensemble des phénomènes de l'action collective sera appelé système d'action concret (cf figure 1).

Pour analyser les régulations, une dichotomie est faite suivant leurs origines. Les régulations imposées à un système d'action concret par l'extérieur seront appelées régulations de contrôle, tandis que les régulations élaborées au sein du système seront appelées régulations autonomes. L'ensemble de régulations de contrôle sera appelé structure organisationnelle prescrite, ou plus simplement organisation prescrite.

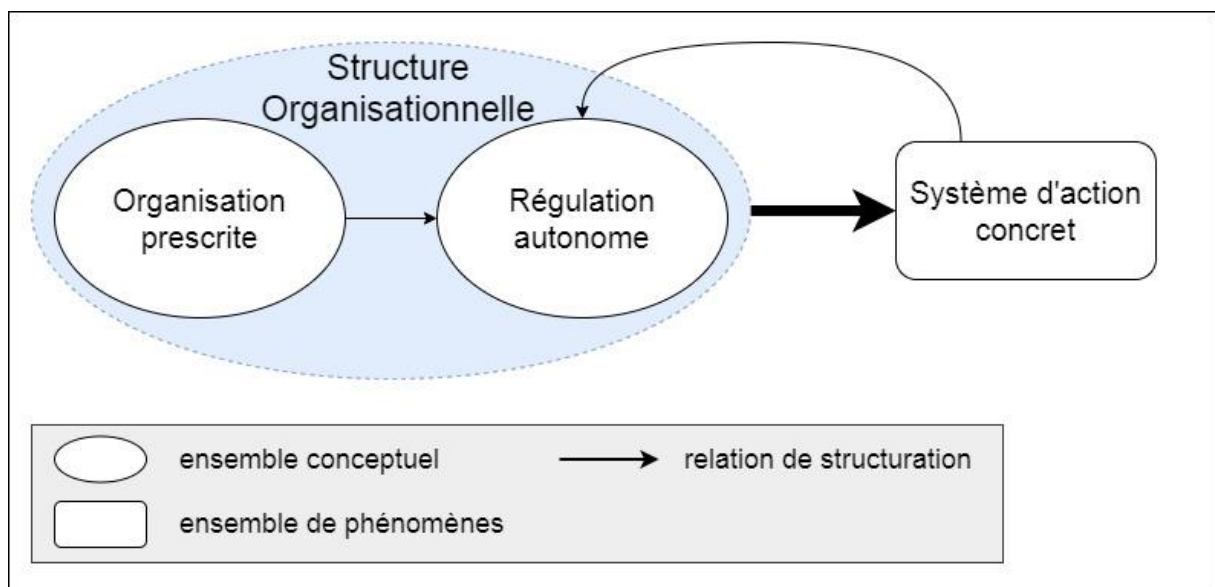


Figure 1 Synthèse de la structuration de l'action collective

La structure organisationnelle est donc une base autour de laquelle vont se créer les relations de pouvoir et les comportements des acteurs. Ceux-ci vont, à terme, potentiellement compléter ou modifier cette structure.

Pour illustrer ce principe, nous proposerons l'exemple d'un système d'action concret intentionnellement éloigné de notre sujet.

Considérons une famille formée d'un couple et d'un enfant. Cette famille vit dans un appartement comportant trois chambres et un séjour. Cette répartition de l'espace constitue l'organisation prescrite qui s'applique à la vie de la famille, ils n'ont en effet pas décidé des plans de l'appartement.

Du fait de l'écart entre la situation pour laquelle a été créé l'appartement et la situation effective de la famille, la troisième chambre est a priori non attribuée, cela constitue une marge de liberté pour la famille. Celle-ci va décider de s'écarter de la régulation de contrôle en faisant de la troisième chambre un bureau, ce qui constitue une première régulation autonome.

Une autre régulation autonome, mise en place par les parents, est la règle formelle « la chambre de l'enfant est réservée au sommeil et au devoir, il ne joue pas dans sa chambre ». Les parents ont une relation de pouvoir avec l'enfant puisqu'ils peuvent négocier en position de force son comportement. Par ailleurs, cette règle est indirectement rendue possible par la présence du bureau qui permet aux parents de travailler même si le séjour est occupé par l'enfant en train de jouer, donc par la régulation de contrôle.

Cet ensemble de structures organisationnelles ne permet cependant pas de décrire le système d'action concret. En effet, l'observation révèle que l'enfant joue parfois dans sa chambre malgré la règle. Celle-ci est, en fait, la base d'un jeu de pouvoir entre l'enfant et ses parents. La dérogation à la règle est en effet un moyen de récompenser l'enfant pour sa bonne conduite. D'autre part cette dérogation peut servir aux parents à libérer temporairement l'espace du séjour pour d'autres utilisations, recevoir des amis par exemple. Si le maintien de la règle est en soi un moyen d'orienter le comportement de l'enfant, la dérogation à celle-ci l'est tout autant. L'accord régulier de dérogations par les parents est donc une stratégie de ceux-ci pour conserver un jeu de pouvoir qui leur permet de négocier le comportement de l'enfant. Le respect de la règle est pour l'enfant une stratégie « gagnante » au sein du système, permettant de négocier ponctuellement sa dérogation. A l'inverse la stratégie « perdante » de jouer dans sa chambre peut être adoptée si l'opportunité se présente, les parents ne le surveillent pas, ou à titre temporaire pour forcer la renégociation de la règle par exemple.

Cet exemple permet d'illustrer la différence entre la structure organisationnelle (organisation de l'espace, règles formelles) et le système d'action concret (relations et comportement des acteurs). La structure organisationnelle conditionne partiellement les comportements des acteurs mais surtout elle définit les jeux de pouvoir autour desquels vont s'articuler les relations entre acteurs. On constate également que les écarts à la structure organisationnelle que produit le système d'action concret n'est pas un dérèglement, une anomalie amenant désordre et conflits, mais au contraire est un moyen d'articuler plus finement les comportements des acteurs pour atteindre l'objectif de cohabitation des membres de la famille.

2.3.2 Conception collective

Après avoir développé les bases d'une approche sociologique de l'organisation de l'action collective, nous effectuerons un décalage en nous intéressant au travail collectif lui-même. Ce travail collectif n'est pas l'objet même de notre étude mais y joue évidemment un rôle important, on ne peut comprendre l'organisation de l'action sans une certaine compréhension de l'action elle-même.

Pour servir notre étude, nous développerons principalement la compréhension de la conception collective, c'est-à-dire « d'activités qui traitent de la génération des dispositifs symboliques ou abstraits » (Darses et Falzon 1994).

Ce développement se fera suivant deux directions intimement liées : une approche sociotechnique et une approche cognitive.

2.3.2.1 Approche sociotechniques

La première des approches que nous aborderons est l'approche sociotechnique. Cette approche est fondée sur l'observation que toute action humaine use de moyens techniques : outils, instruments, méthodes, etc. Hors, si les organisations humaines et l'articulation des techniques répondent à des contraintes qui leurs sont propres, il existe également une

influence de mutuelle (Cooper et Foster 1971). Ainsi, l'organisation du travail, comme les processus techniques, ont chacun leurs limites, propriétés et conditions de fonctionnement qui doivent être respectées pour permettre l'action. Il s'agira de comprendre et d'évaluer ces influences mutuelles. A partir de ce cadre d'étude très large, différentes conceptions de la sociotechnique ont émergées pour faire face à des objets d'études différents : appropriation et apprentissage des techniques par les usagers, inter-structuration des techniques et des usages ou encore adoption des innovation techniques (Coutant 2015).

Complétons cette définition en précisant que « sociotechnique » peut également qualifier un concept ou un système. Ainsi, le BIM peut être qualifié de système sociotechnique, puisqu'il est défini autant par un usage et une organisation humaine que par un artefact technique (cf. 2.1). Un tel système peut alors devenir un cadre d'étude pour d'autres approches.

Notons également que la théorie de la sociologie des organisations issue de la pensée de Crozier et Friedberg n'est pas neutre vis-à-vis de la question sociotechnique. Elle est en effet partiellement conçue en opposition au « déterminisme technologique », c'est-à-dire à l'idée qu'une technique impose une organisation des rapports humains. Elle est notamment qualifiée de démarche « constructiviste », proche d'une « approche stratégique » par (Alsène 1990). Dans cette perspective « la technologie porte possiblement des choix et des orientations vis-à-vis de l'organisation. » (Alsène 1990), a minima parce que la production de cette technologie est elle-même issue d'une organisation sociale et de « la vision technique et sociale de ses concepteurs ». Mais c'est avant tout une base à partir de laquelle l'organisation va se (re)structurer. La technique est donc l'objet d'un jeu organisationnel, lieu de relations de pouvoir, qui va orienter l'organisation en structurant ce jeu.

2.3.2.2 Approches cognitives

Le champ des approches cognitives du travail collectif est également très large. Il ne s'agira pas tant de s'attacher à la nature des tâches à effectuer qu'aux mécanismes cognitifs que ces actions demandent et entraînent.

La recherche dans ce domaine s'articule notamment autour de la notion de « référentiel commun ». Cette notion désigne en réalité un grand nombre de définitions concomitantes, désignées différemment et mobilisées dans des cadres méthodologiques différents (Giboin 2004). De manière générale, ce « référentiel commun » désigne une base d'informations ou de représentations communes à différents acteurs qui servira de base pour leur compréhension mutuelle et leur collaboration.

La construction de ce référentiel commun se fait notamment par un phénomène de synchronisation décrit par (Darses et Falzon 1994). Pour ces auteurs, ce phénomène de synchronisation, et donc de constitution d'un référentiel commun, est l'objectif des interactions qui constituent l'action collective. Cette synchronisation peut être de deux natures : opératoire, elle vise alors à synchroniser les actions des acteurs dans la répartition des tâches et le temps, et cognitive, elle vise alors à synchroniser les informations sur la situation de l'action et sur les savoir généraux.

Enfin, cette synchronisation est notamment permise par des « représentations externes », c'est-à-dire des artefacts dotés d'une fonction cognitive. Elles peuvent être le support de la réflexion, et communicationnelle (Darses 2009). Par exemple, une maquette ou un plan sont des représentations externes, permettant la réflexion individuelle et pouvant servir de bases à l'échange et la mise à niveau d'informations au niveau collectif.

2.3.2.3 Approches croisées

On le voit avec cette dernière notion de « représentation externe », les aspects cognitifs et sociotechniques sont intimement liés. En fait, l'essor de l'approche cognitiviste est en partie dû à un fait sociotechnique (Darses 2009) : la généralisation de la conception par projet et sur le cycle de vie des produits implique une multiplication des acteurs et des compétences au sein de équipes, accompagnée d'un dispersément géographique. Cette évolution est à la fois permise par les innovations techniques, et motrice de celles-ci. Dès lors, les tâches de synchronisations cognitives se retrouvent intensifiées, complexifiées et médiées pour parer à la distance géographique. Le BIM est, encore une fois, le parfait exemple de cette évolution plus générale.

Dans ce contexte, il n'est alors pas étonnant de retrouver un certains nombres de recherches reprenant une approche croisée, à divers degrés, entre la sociotechnique et l'approche cognitive.

Ces recherches ont notamment permis de démontrer que les communications à distances, notamment parce qu'elles sont médiées et ne permettent pas la reproduction de certains signes propres à la communication directe, augmentait le niveau d'incertitude des acteurs sur le partage effectif d'un référentiel commun et augmentait du même coup la part de coordination dans les échanges (Gronier et Sagot 2008).

Le paramètre synchrone ou asynchrone de la collaboration a également été l'objet de recherches. Ainsi, (Détienne, Boujut, et Hohmann 2004) mettent en évidence, dans un contexte distanciel, une différence d'usages associée au caractère ou non synchrone d'une action. Dans ce même contexte de travail à distance, (Calixte et al. 2018) étudie l'influence de la nature synchrone ou asynchrone des échanges d'information et tend à montrer que ces échanges ne répondent pas aux mêmes fonctions.

Pour les besoins de notre analyse, nous nous baserons notamment sur le travail de thèse de (Calixte 2021). Son objectif est de « comprendre le processus collectif de conception au travers des usages d'outil ». La méthode utilisée est de tracer l'utilisation des outils au sein d'une équipe de conception dans le but d'associer ces traces à des usages d'outils, c'est-à-dire à des pratiques mobilisant l'outil. Des patterns, des régularités dans l'enchaînement des usages, peuvent alors être dégagés et associés à certains acteurs. A partir de ces différents patterns, l'auteure propose la définition de rôles, associés à des acteurs, dans la collaboration.

Un premier résultat important de cette étude est la classification des usages qui y est proposée. Celle-ci montre que les usages informels constituent une part importante du travail de collaboration. Ensuite, cette étude permet de différencier, à partir de leurs patterns d'usages, les rôles de concepteurs, d'harmonisateur et coordinateur BIM.

2.4 SNA, un outil de représentation et d'analyse

Le dernier point à aborder dans notre état de l'art concernera un outil de traitement de l'information : l'analyse des réseaux sociaux, aussi appelée SNA (*Social Network Analysis*).

2.4.1 Définition et concepts de base

La SNA est une technique utilisant la théorie des graphes. Ce type d'analyse est historiquement issu de la sociologie et s'est développée au cours du XXème siècle autour de domaines d'études relativement variés. Ainsi, c'est le même type d'analyses que l'on retrouvera en sociologie, dans les études de vastes corpus scientifiques ou encore dans les algorithmes de recherche web.

Par ailleurs, cette technique connaît un certain regain d'intérêt dans le domaine de management de projet complexes (Lee et al. 2018). Cela peut notamment s'expliquer par la médiatisation numérique croissante des échanges interpersonnels, produisant une matière d'analyse abondante. Le BIM rentre notamment dans cette tendance. Ainsi on a pu voir des études utilisant la SNA sur des problématiques variées comme l'études des mécanismes d'adoption du BIM par des entreprises (Ishak, Esa, et Ismail, s. d.), (Tai, Zhang, et Li 2021), (Bareka et Chen, s. d.) ou l'analyse de mécanismes sociaux au sein de projet BIM (Wang et al. 2020), (Maskil-Leitan, Gurevich, et Reyhav 2020), (Badi et Diamantidou 2017).

L'idée principale de la SNA est de caractériser un ensemble d'entités, que l'on appellera nœuds ou sommets du graphe, reliés entre eux par des relations, modélisées par des liens ou arrêtes du graphe. C'est l'ensemble de ces nœuds et des arrêtes qui les relient que l'on nommera graphe ou réseau.

Par exemple pour étudier un corpus d'articles scientifiques on pourra considérer chaque article comme un nœud et définir une relation « A cite B ». On aura alors un lien orienté où A cite B mais B ne cite pas nécessairement A. De la même façon on peut analyser un groupe humain où chaque sujet est un nœud relié par une relation « A et B se connaissent », le lien sera alors non orienté puisque si A connaît B alors B connaît A. Il est également possible de pondérer tant les nœuds que les liens, par exemple en établissant une échelle : « A et B se sont déjà rencontré »=1, « A et B ont déjà travaillé ensemble »=2 ou encore « sur la période P, A et B se sont envoyés X mails » avec une pondération X.

Il existe deux manières principales de représenter le graphe ainsi créé : un graphe peut être représenté graphiquement ou sous forme d'une matrice d'adjacence (cf. figure 2). Dans ce cas, les relations peuvent être encodées dans une matrice carrée de dimension n =nombre de sommets. Soit une matrice A de dimension n , pour tout (i,j) nombres naturels inférieurs à n , la valeur A_{ij} correspondra au lien reliant le nœud i au nœud j . Une valeur nulle indiquera une absence de lien. Dans le cas d'un graphe non pondéré la valeur 1 indiquera un lien, dans le cas d'un graphe pondéré un nombre non nul indiquera l'existence d'un lien ainsi que sa pondération. Deux nœuds reliés par un lien directs sont dits adjacents ou voisins.

Remarquons à ce niveau qu'un graphe non orienté impliquera une matrice d'adjacence symétrique puisque $A_{ij}=A_{ji}$.

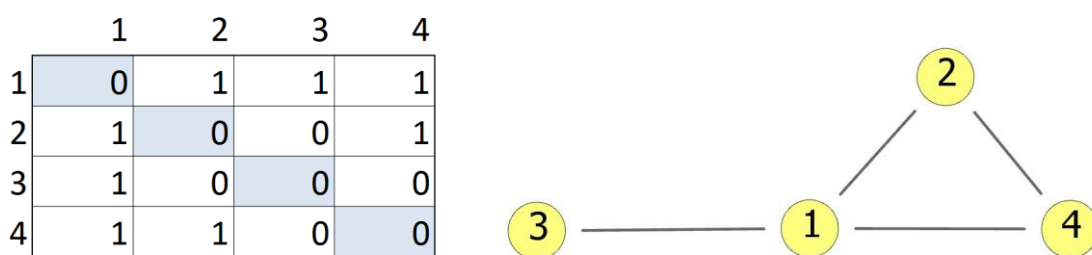


Figure 2 Exemple d'une matrice d'adjacence A et de son graphe équivalent

Si la représentation graphique est *a priori* la plus simple pour la compréhension humaine, la matrice d'adjacence permet un traitement mathématique et un encodage informatique.

Un graphe peut également faire l'objet d'une analyse topographique, c'est-à-dire qu'il est possible de définir une distance entre deux nœuds. La distance est associée à un chemin. La distance entre deux nœuds adjacents correspond à la pondération ou l'inverse de la pondération de leur lien, suivant la nature de leur relation. Une distance physique sera

comptée telle qu'elle, une échelle de relation croissante sera inversée, une relation plus forte, plus pondérée, représentant des personnes plus « proches ». Il peut exister plusieurs chemins d'un nœud à un autre. La distance d entre deux nœuds peut alors se définir comme la somme des distances entre les nœuds adjacents qui composent le chemin.

Par exemple, dans le graphe précédent non-orienté et non pondéré, la distance entre deux nœuds est toujours de 1. Il existe deux chemins pour relier 3 et 4 : (3, 1, 4) de distance $d=2$ et (3, 1, 2, 4) $d=3$.

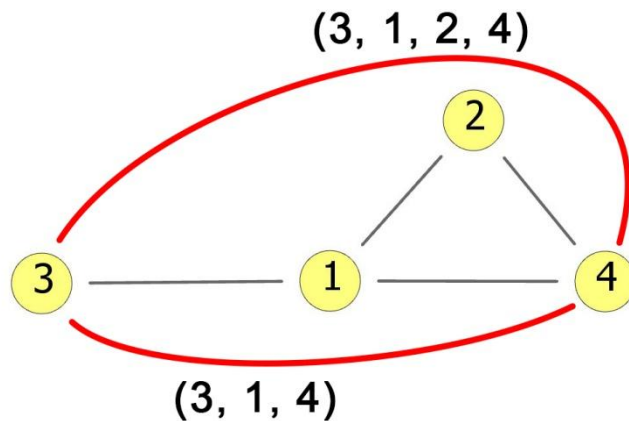


Figure 3 Exemple de chemins de 3 à 4 dans le graphe A

On peut alors définir un plus court chemin entre deux points qui correspond à la distance minimale entre ceux-ci. Dans l'exemple précédent le plus court chemin est de $d=2$ et correspond à (3, 1, 4) (cf. figure 3). Attention cependant, il peut exister plusieurs plus courts chemins correspondants à la distance minimale entre deux nœuds.

A partir de ces notions de base il est possible de créer toute une série d'outils d'analyse. Les mesures sur un graphe peuvent être classées en quatre grandes catégories : les mécanismes de formations du réseau, la centralité des acteurs vis-à-vis du graphe, la connectivité du réseau et enfin sa topologie (Lee et al. 2018).

Par exemple on peut quantifier la densité d'un graph par le rapport entre le nombre d'arrêtes et le nombre théorique maximum d'arrêtes. Dans une matrice de dimension n , non-pondérée, si on considère que les nœuds ne peuvent être liés à eux-mêmes, alors la densité correspond à la somme S des valeurs de la matrice, divisée par $n.(N-1)$. Dans notre exemple, la matrice symétrique A , de dimension 4, il existe 4 liens. On a donc une $S=2 \times 4=8$ et un nombre liens maximum $n.(n-1)=12$, la densité est donc de $8/12=2/3$.

Si on veut à contrario qualifier les nœuds, on peut utiliser une mesure de centralité. Par exemple la mesure de centralité de degrés, illustrée figure 4, certainement la plus simple, qui consiste à compter le nombre de nœuds adjacents de chaque nœud.

| nœud | centralité de degrés |
|------|-------------------------|
| 1 | 3 |
| 2 | 2 |
| 3 | 1 |
| 4 | 2 |

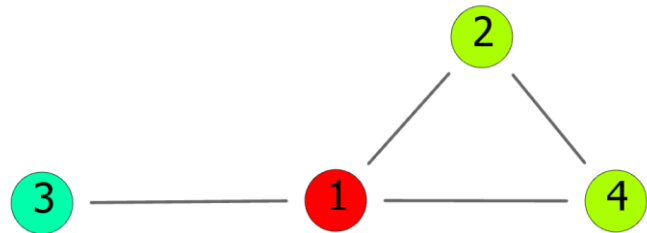


Figure 4 Centralités de degrés des nœuds de la matrice A en valeur et en échelle de couleur

Il est important, pour comprendre les mesures de centralité, notamment les plus complexes, de préciser que ces mesures sont à prendre avec prudence. En effet il existe plusieurs biais ou raccourcis qui peuvent fausser l'interprétation.

Tout d'abord, les centralités sont des méthodes de classement de l'importance des nœuds, cependant la manière de définir cette importance peut être très différente. Un nœud est important par rapport à un critère et jamais dans l'absolu. Il ne faut pas s'arrêter au simple classement, un nœud peut être central selon un critère, mais ne pas l'être du tout selon un autre.

L'avantage de cette approche est notamment de permettre une étude empirique et quantifiée des phénomènes sociaux. Suivant la provenance des données, l'analyse peut potentiellement s'autonomiser de la subjectivité des acteurs pour observer et représenter directement les phénomènes à l'échelle d'un groupe. Un second avantage est de se dégager des logiques de catégorisations ou d'essentialisation des sujets. Ceux-ci sont uniquement définis par leur relation et leur place dans le réseau. Si cette approche « dure » des rapports humains a ses propres limites, elle permet au moins de confronter des résultats obtenus par d'autres logiques et d'autres méthodes.

2.4.2 Méthodes d'analyse

La variété des analyses possibles est très grande. Dans notre cas cet outil sera utilisé sur des matrices de petite taille. D'autre part notre choix de paramètre d'analyse sera limité par le type de matrices encodées. Ici nous étudierons des graphs représentant des acteurs reliés entre eux par des relations d'interactions sociales. Nous n'argumenterons pas plus avant les choix de types d'analyse mais nous présenterons celles qui nous seront utiles

Nous nous limiterons à trois types d'analyses.

La première analyse est la *centralité de degrés*, abrégée DC (*Degree Centrality*). Comme nous l'avons déjà expliqué plus haut c'est l'analyse la plus simple. Il s'agit de compter pour un nœud i le nombre de ses voisins. Cette analyse permet de qualifier de manière basique le niveau de liaison d'un acteur au réseau sans tenir compte de sa position dans celui-ci. Dis autrement un acteur avec une forte centralité de degrés aura été en relation avec beaucoup d'autre acteurs mais pas forcément de façon « stratégique ». Ce paramètre présente aussi l'avantage d'être applicable même dans un graphe séparé en plusieurs réseaux complètement indépendants.

La seconde analyse est la *centralité de proximité*, abrégée CC (*Closeness Centrality*). Cette centralité est basée sur une évaluation topologique d'un nœud vis-à-vis du reste du graphe. Il s'agira de mesurer pour chaque nœud le plus court chemin vers chaque autre nœud du graphe et d'en faire une moyenne. La centralité de proximité donne donc la distance moyenne d'un nœud avec le reste du graphe. Par analogie, on pourra considérer le nœud avec la plus forte centralité de proximité comme le « barycentre » du graphe. Dans le cas d'un graphe décrivant la circulation de l'information, la plus grande centralité sera interprétable comme la capacité d'un acteur d'obtenir le plus directement une information. Cette centralité est liée à celle de degrés, cependant elle permet d'obtenir une information sur un point vis-à-vis de tout le graphe. Avant de calculer la distance de chaque nœud l'un à l'autre, elle demande d'avoir un graphe où tout les nœuds peuvent être reliés les uns aux autres.

La dernière analyse que nous effectuerons est la centralité d'intermédiarité, abrégée BC (*Betweenness Centrality*). Cette centralité demande de calculer tout les plus courts chemins au sein d'un graphe. La centralité d'un nœud i sera alors le nombre de plus courts chemins passant par ce nœud. Cette centralité permet de mettre en évidence les acteurs en position de « pont » entre différentes parties du graphe. Un acteur avec une très forte centralité aura un rôle particulier dans la diffusion de l'information.

2.4.3 Exemple et représentation

Comme nous l'avons vu il est possible de représenter de différentes manières un graphe et les analyses qui y sont faites. Une première manière est de présenter le graphe sous forme de matrice et les centralités analysées sous forme de valeurs. Ce mode de représentation pouvant rapidement devenir difficile à lire, nous préférons ici des représentations graphiques.

La représentation graphique que nous utiliserons pour l'analyse sera l'échelle de couleur. Cette échelle de couleur sera toujours donnée du rouge (le plus central) au bleu. Elle présente l'avantage de conserver la géométrie du graphe lorsque celle-ci est caractéristique, en général dans un graphe peu dense.

Les valeurs absolues ne seront pas directement indiquées et on donnera qu'elles ne représentent rien en soi et sont plutôt destinées à classer les nœuds entre eux.

Pour illustrer à la fois ce type de représentations et les différents types d'analyse, nous serviront du graphe de *Krackhardt kite* (fig. 5) (Krackhardt 1990) créé, justement, dans ce but pédagogique.

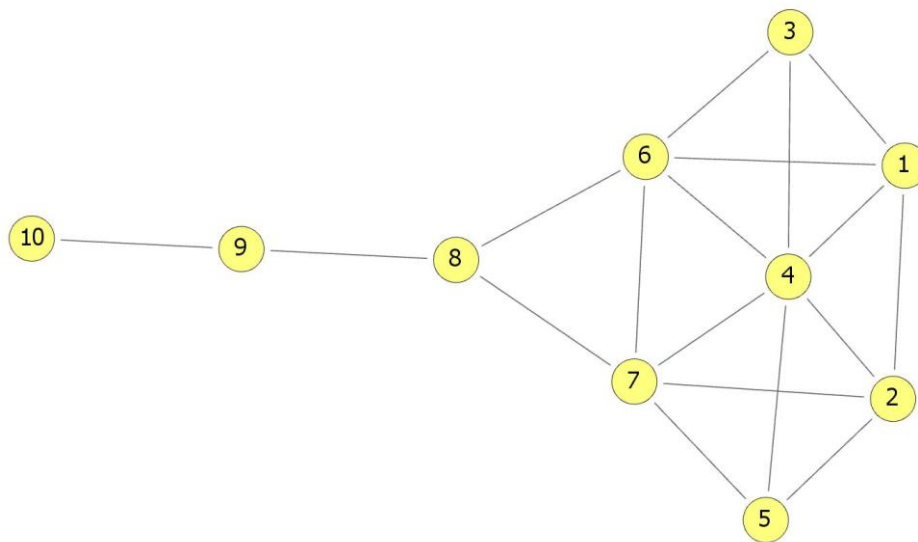


Figure 5 Graphe de Krackhardt kite brut

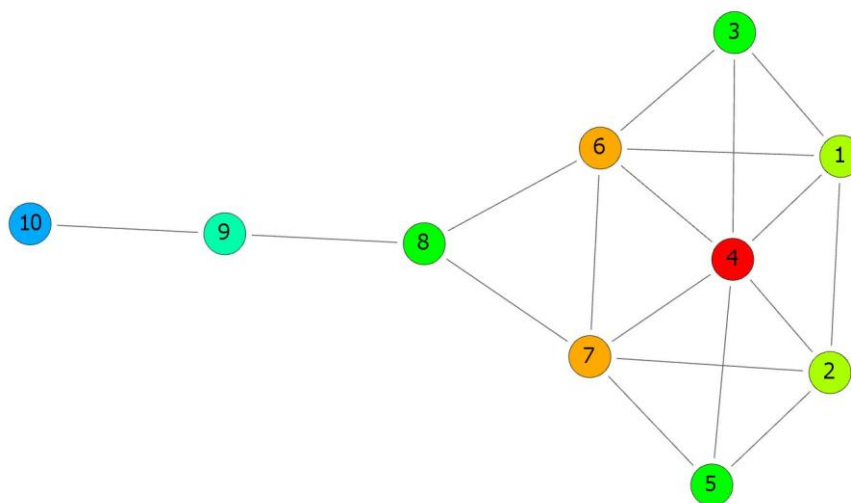


Figure 6 Graphe de Krackhardt kite après analyse des centralités de degrés (DC), en échelle de couleur.

On constate dans ce dernier graphe que le nœud 4 est le plus central, c'est lui qui a le plus de liens au sein du graph (6 liens). A l'inverse le nœud 10 ne dispose que d'un lien et a, par conséquent, la centralité la plus faible.

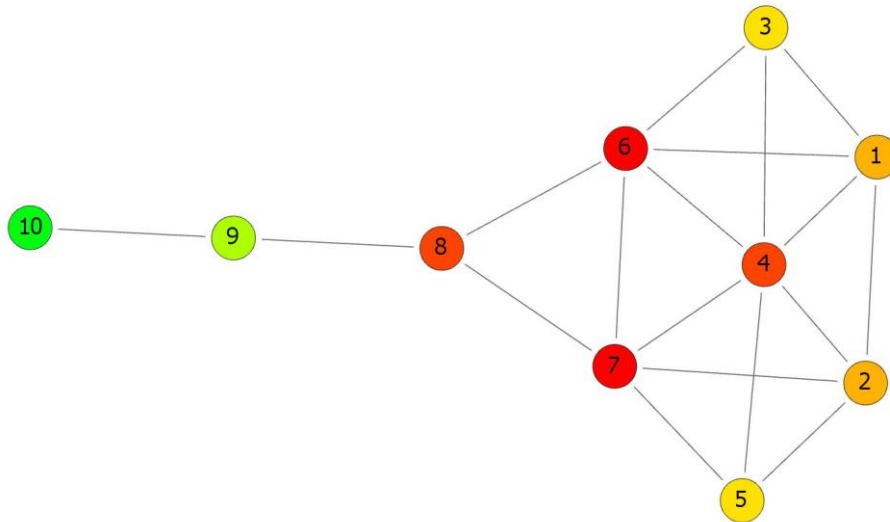


Figure 7 Graphe de Krackhardt kite après analyse des centralités de proximité (CC), échelle de couleur.

Du point de vue de la centralité de proximité (CC) (fig. 7) ce sont les nœuds 6 et 7 qui sont les plus centraux, suivis à égalité des nœuds 4 (nœud le plus important en DC) et 8. Ces quatre nœuds constituent le centre « géométrique » du groupe, ils sont les plus proches en moyenne des autres membres.

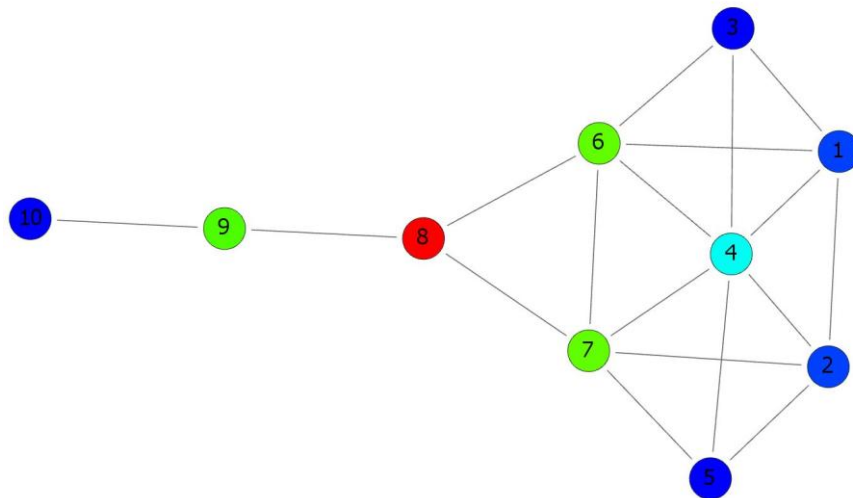


Figure 8 Graphe de Krackhardt kite après analyse des centralités d'intermédierité (BC), échelle de couleur.

Du point de vue de la centralité d'intermédierité (BC) (fig. 8) c'est le membre 8 qui est le plus central, en effet c'est le seul qui assure la liaison de 9 et 10 avec le reste du groupe. On retrouve cette position de « pont » déjà évoquée.

3 Problématique et question de recherche

La définition de notre question de recherche est en elle-même le fruit d'une réflexion qui nous semble participer à l'intérêt du présent travail. Cependant cette réflexion est principalement théorique et ne s'appuie pas en soi sur notre travail de recherche mais sur une analyse de l'état de l'art. Nous prendrons donc ici le temps de développer cette réflexion indispensable pour comprendre la suite de l'exposé avant de formuler notre question de recherche.

3.1 Réflexions préliminaires : le BIM en tant qu'objet d'étude

3.1.1 De la nature du BIM

Nous l'avons vu, le BIM est un concept complexe. Il peut se définir comme un ensemble *d'usages organisationnels* associés à un *artefact* bien défini, la maquette numérique partagée, et à des *objectifs* (cf. 2.1).

Nous nous permettrons à ce stade d'aller plus loin dans l'analyse des définitions du BIM, notamment à partir des définitions normatives. Celles-ci nous semblent être à la fois les plus objectives et les plus consensuelles puisqu'en tant que normes elles sont sensées être issues d'un consensus et participer à le conserver.

Ce que nous remarquerons d'abord, c'est que c'est toujours l'artefact, donc la maquette, qui est au centre de la définition. Telle que présentée dans les deux définitions que nous utilisons, c'est par son utilisation que l'on pourra atteindre les objectifs. Ainsi, c'est la maquette et pas l'organisation qui l'accompagne, qui est caractérisée : elle est « *numérique partagée* » (NF CEN ISO 19650). De même c'est une « *DIGITAL REPRESENTATION of physical and functional characteristics of a facility* » (« National BIM Standard - United States® Version 3 - 3 Terms and Definitions » 2015).

De la même manière l'organisation qui entre dans la définition du BIM est toujours définie par rapport à cet artefact. Elle se réduit à « *l'utilisation* » pour la norme française. Dans sa définition américaine, c'est un « *processus pour générer des données* » et il est question de « *l'organisation et du contrôle du processus par l'utilisation des informations de la maquette* ».

En somme l'artefact est bien défini et ce sont les usages organisationnels qui vont se construire ou se réorganiser par rapport à lui. Nous pouvons commencer ici à apercevoir une première séquence temporelle et logique : l'existence de l'artefact déclenche le changement de l'usage, l'artefact précède et conditionne l'usage.

Une autre séquence facilement identifiable est celle entre ce changement d'usage et l'obtention des résultats escomptés du BIM. Dit autrement, si le BIM se définit au présent par un artefact et un usage, il se définit au futur par des objectifs ou des résultats attendus. Ici, peu de débat, dans la définition du BIM l'artefact et l'usage précèdent les résultats attendus.

Continuons notre analyse des définitions en remarquant que l'existence d'un état final attendu implique logiquement celle d'un état présent ou passé. C'est une base textuelle implicite (Kintsch et Van Dijk 1975). Si l'usage de l'artefact permet de constituer une base fiable de décision et de donner un accès simultané à l'information, c'est que cette base n'existe pas encore ou n'est pas fiable actuellement, c'est que l'accès à l'information avant le passage au BIM n'est pas simultané. Cette définition implicite d'un état présent ou passé est d'autant plus simple qu'elle fait référence au contexte du secteur de la construction, qui

constitue une réalité concrète et/ou connu pour la plupart des personnes s'intéressant au BIM.

Qui plus est, cet état « pré-BIM » est implicitement qualifié par l'utilisation de mots mélioratifs comme « faciliter », « fiable », « les bénéfices » pour l'état final. Si l'état post-BIM est mieux que l'état pré-BIM alors l'état pré-BIM, présent ou passé, est moins bien que l'état post-BIM.

En sommes, la définition du BIM peut se résumer en une séquence : l'usage adapté de l'artefact permet de passer d'un état initial à un état final amélioré. De plus cette séquence se déploie dans trois dimensions : logique, chaque évènement est la cause du suivant, temporelle et de valeur, l'état final est meilleur que l'état initial.

Cette séquence peut également se lire comme la macrostructure typique d'un récit :

- état initial, le passé ou le présent,
- un élément perturbateur, la possibilité technique de créer une maquette numérique partagée,
- une action, créer ou adapter des usages par rapport à cet élément perturbateur,
- un état final, la réalisation des objectifs ou des résultats attendus.

3.1.2 Le BIM en tant que récit

L'élaboration de cette séquence s'appuie principalement sur les définitions du BIM. Nous pensons cependant pouvoir trouver d'autres manifestations de ce « récit BIM ».

La première de ces manifestations est l'utilisation du terme de « maturité » pour qualifier l'intégration de la maquette BIM et des changements organisationnels qui l'accompagnent dans une organisation. On retrouve ici deux des idées présentes dans la séquence que nous avons définie : la temporalité et l'aspect mélioratif. Pourtant les aspects décrits par cette mesure ne sont pas *a priori* corrélés à une amélioration ni au passage du temps : il est tout à fait imaginable par exemple qu'une entreprise revienne sur ses choix car une intégration complète de la maquette numérique dans son organisation serait contreproductive du point de vue de son efficacité ou ne serait pas utile dans un contexte où ses partenaires « n'utilisent » pas le BIM. De la même manière, si une entreprise aux processus « BIM » venait à investir dans la mise en place de méthodes différentes mais apportant malgré tout une amélioration de ses processus et de la fiabilité des données créées, alors son niveau de maturité BIM baisserait. L'utilisation du terme de « maturité » semble donc assez étonnante *a priori*. Elle ne prend pleinement son sens que dans le cadre du récit : la maturité mesure l'avancée d'une organisation dans la séquence du « récit BIM ».

Par ailleurs ce récit BIM s'inscrit dans une vision plus large des enjeux contemporains. Ainsi la préface du National Building Information Modeling Standard (« National Building Information Modeling Standard Version 1 - Part 1: Overview, Principles, and Methodologies » 2007) s'ouvre sur l'évocation des enjeux environnementaux et le rôle qui tient l'industrie de la construction : « *Clearly, the construction industry has a responsibility to use the earth's resources as efficiently as possible.* ». La préface se poursuit en posant le BIM comme une réponse à ces enjeux : « *BIM stands for new concepts and practices that are so greatly improved by innovative information technologies and business structures that they will dramatically reduce the multiple forms of waste and inefficiency in the building industry.* ». Cette opération d'intégration du BIM dans les enjeux contemporains participe au renforcement des séquences temporelles et logiques du récit. Le BIM y est présenté non pas comme un choix du secteur mais comme une réponse logique aux enjeux. Le BIM va de soi et ne peut qu'être implémenté dans le temps. Cela renforce le sens à donner au BIM.

A partir de cette analyse nous proposerons une approche spécifique à l'étude du BIM, non pas en tant que contexte mais bien en tant qu'objet d'étude en soi, à travers l'hypothèse suivante : *Le BIM peut se concevoir comme un récit collectif des évolutions sociotechniques dans le secteur de la construction.*

Le concept de BIM, plus qu'un ensemble d'outils et de méthodes, est une manière de relier entre eux, d'ordonner divers éléments du réel pour leur donner un sens

Cette hypothèse du BIM comme récit ne doit en aucun cas être vue comme un jugement de valeur. Tout récit n'est pas fiction, toute représentation n'est pas fausse ni même faussée.

Cette manière d'appréhender le BIM ne remplace évidemment pas les définitions qui ont déjà pu en être données, elle ne rend en aucun cas caduques les travaux déjà entrepris ni les transformations effectuées dans les organisations. Notre objectif reste de proposer une autre approche du BIM en tant que problème. Voir le BIM en tant que récit c'est s'autoriser le pas de côté permettant de réfléchir sur le BIM et non pas dans le contexte du BIM.

3.1.3 Conséquences

Ce point de vue a l'avantage de donner une nature unifiée au concept du « BIM » et d'ouvrir de nouvelles perspectives sur celui-ci.

La première de ces perspectives est que si le BIM est un récit des événements réels, alors il peut en exister des récits alternatifs.

Par exemple, il peut exister d'autres manières d'appréhender la relation entre technique et organisation. Ainsi il nous semble qu'il existe un point de tension dans le récit sur le primat de l'évolution technique sur l'évolution des usages organisationnels. N'est-il pas possible de voir l'émergence des représentations numériques partagées comme une résultante d'une spécialisation des entreprises qui ont donc dû établir des collaborations inter-organisationnelles là où le travail se faisait en interne et donc créer des outils plus performants de partage de données ? A quel point l'évolution des organisations et des techniques est-elle inter-structurée ?

De la même manière, l'optimum d'efficacité d'une organisation se situe-t-il nécessairement dans la maximisation de la « maturité BIM » ?

Par ailleurs ce récit n'est pas médiatisé par une forme spécifique : il est pluri-médiatique. On le retrouve porté tant par des rapports institutionnels, à travers le National BIM Standard ou les Normes Européennes par exemple, que par des articles scientifiques ou des conférences, des logiciels et même des formations. Cette pluralité de supports n'est pas étonnante en soi, on retrouve de nombreux récits portés par différentes formes : le récit de l'Odyssée a été porté à l'écrit dans de multiples langues et versions, mais aussi à l'oral, en sculpture, en peinture, en musique, en film, en jeux...etc. Par ailleurs elle offre une grande richesse d'informations qui a permis d'en développer tous les détails. Le récit comprend ainsi tout les détails de l'évolution souhaitable des organisations et des processus à travers des guides de bonnes pratiques. De la même manière, la « maturité BIM » a fait l'objet de nombreuses recherches.

De plus, le « récit BIM » n'est pas l'œuvre d'un auteur spécifique : les définitions sur lesquels nous nous basons ici sont elles-mêmes issues de discussions collectives qui font suite à des débats plus larges encore au sein du secteur de la construction. On peut donc dire que c'est un récit collectif en ce sens qu'il a été composé collectivement et est porté tout aussi collectivement.

La nature collective de la création de ce récit peut également poser la question de son intentionnalité. La question même de la possibilité d'existence d'une volonté collective se

pose et dépasse de loin notre travail. Il est en revanche possible de poser la question terme de stratégie, dans l'acceptation que nous avons déjà donnée du mot (cf. 2.3). La création d'un récit autour de l'évolution sociotechnique du secteur peut-elle être interprétée comme une stratégie? Répondre à cette question demanderait un travail de recherche conséquent. Cependant nous pouvons déjà avancer quelques arguments. D'abord, l'adoption d'un vocabulaire et d'une base conceptuelle commune constitue en soi une régularité de comportement. Ensuite, la structure de récit facilite la compréhension et la mémorisation d'évènements (Kintsch et Van Dijk 1975), en cela elle permet de communiquer plus facilement autour d'une réalité complexe. Le BIM, en tant que récit, pourrait alors être vu comme une stratégie pour améliorer la compréhension des changements à l'œuvre dans la construction, par les acteurs du secteur mais aussi en dehors, et potentiellement leur mobilisation. En somme, le « BIM » mobilise mieux qu'un ensemble hétéroclite de maquettes numériques et de changements organisationnels, il les inscrit dans l'Histoire et leur donne un sens auquel les individus peuvent adhérer.

3.1.4 Le récit de l'organisation et le récit du BIM

Nous avons jusque-ici surtout évoqué le récit BIM à une échelle très générale. La question qui se pose alors est celle de la traduction à l'échelle particulière de ce récit. Que signifie mener un « projet BIM » ?

Concrètement l'adoption des méthodes « BIM » va notamment conduire, ou nécessiter, la formalisation des processus et des pratiques, avant leur mise en place effective, à travers un protocole. Cette formalisation constitue en elle même une certaine forme de projection ordonnée des événements prévus, du futur système d'action concret. C'est déjà une forme de narration de la transformation d'un état initial vers un état final (le projet livré voir le démantèlement en fin de cycle de vie du projet) le tout provoqué par le besoin du client. Un projet BIM est donc un projet où les processus seront formellement mis en récit et intégrés à un récit plus général.

Ce récit du projet peut, comme à l'échelle plus large du récit BIM, permettre d'améliorer la compréhension du projet et de son organisation. La formalisation peut aussi être vue comme un moyen d'encourager la réflexivité

Si l'organisation d'un projet participe d'un double récit : le récit de l'organisation qui s'intègre à celui plus grand du BIM, alors cette organisation est bien une représentation de la réalité concrète de l'action au sein du projet. Cela ne signifie pas que cette représentation soit mauvaise ou foncièrement faussée, encore moins inutile. Par contre, cela signifie qu'elle n'est pas en elle-même la réalité du projet, mais simplement un regard sur celle-ci. Il peut donc exister des différences entre la représentation de la réalité et la réalité elle-même.

Nous pouvons retrouver dans cette dichotomie entre la réalité concrète et la réalité projetée, prévue, les notions déjà introduites de système d'action concret et d'organisation prescrite. Le récit du BIM réactivé dans celui du projet s'applique d'abord à l'organisation prescrite, ils vont influencer la manière dont celle-ci sera construite et présentée. C'est à travers elle que le récit BIM viendra *in fine* influencer la structuration du système d'action concret permettant la production.

3.2 Question de recherche

Synthétisons. Proposer de considérer le BIM en soi comme un objet d'étude nous a amené à une hypothèse : « le BIM » peut être interprété comme un récit. Cette interprétation amène de fait une dialectique entre la narration des faits et leur réalité.

Disons-le tout de suite, d'un point de vue épistémologique rien ne permet d'affirmer que cette réalité des faits ne soit entièrement accessible à la compréhension, de manière unie et exhaustive. Comprendre la totalité d'un phénomène organisationnel concret, dans toutes ses nuances, à travers toutes les subjectivités des acteurs et tout le recul scientifique de nombreux domaines d'analyses, nous semble même impossible. Il semble cependant réalisable, dans cette dialectique des faits et de leurs représentations, d'élaborer une représentation qui se donne pour objectif de tendre vers une représentation exacte des faits.

L'existence d'un « récit BIM » est ici considérée comme une hypothèse sous-tendant la démonstration, nous ne chercherons donc pas à la prouver expérimentalement, cela pourrait faire l'objet d'un travail de recherche en soi.

Dans cette perspective du « récit BIM », la question qui nous semble cruciale est alors celle de l'articulation exacte entre le récit et le système d'action concret dit BIM. Dit autrement, la question est de savoir par quels moyens le BIM influe concrètement sur le système d'action concret et quelles en sont les conséquences organisationnelles réelles.

Le présent travail n'a pas pour ambition de traiter complètement cette question qui semble à la fois vaste et relativement neuve dans sa formulation. Il s'agira pour nous d'en explorer le traitement.

Plus particulièrement, pour répondre à cette question, il est d'abord nécessaire de comprendre le système d'action concret, d'en créer une représentation qui tend vers l'objectivité. Il s'agira de considérer le système d'action concret d'une organisation dite « BIM » hors de la grille de lecture, c'est-à-dire des séquences logiques et temporelles et de l'échelle de valeur, données par le récit « BIM ».

Cette idée constituera notre question de recherche :

Quelle est l'articulation des acteurs au sein d'un système d'action concret dit « BIM » ?

Pour comprendre le fonctionnement du système d'action concret, nous reprendrons à notre compte la méthode d'analyse donnée par M. Crozier et E. Friedberg (1977). Il s'agira alors de mener dans un premier temps une analyse des contraintes appliquées au système d'action concret, autrement dit de comprendre la manière dont l'organisation prescrit la structure. Cette première étape nous permettra de comprendre le cadre à partir duquel les acteurs vont développer leurs stratégies. Pourra alors commencer une seconde étape où nous analyserons les comportements concrets des acteurs, pour dégager leurs stratégies et ainsi avoir accès au fonctionnement concret du système d'action.

Cette méthode d'analyse implique alors deux sous-questions de recherche :

Q1 : Comment l'organisation prescrit structure le système d'action concret ?

Q2 : Quelles stratégies développent les acteurs à partir de cette structuration ?

Notre étude s'articulera autour de ce raisonnement en deux parties. Nous la mènerons dans le contexte d'un projet pédagogique collaboratif « BIM » dont l'objectif est de reproduire les contraintes d'un projet réel. Le terrain expérimental ainsi que la méthodologie de récolte

et d'analyse de données seront l'objet de la prochaine partie. L'analyse de ces données nous permettra de répondre à notre question de recherche

4 Méthodologie :

4.1 Synthèse de la méthodologie générale

Pour répondre à notre question de recherche, nous mènerons une analyse en deux étapes. Cependant, pour permettre cette analyse nous avons besoin d'un terrain expérimental nous permettant d'effectuer une récolte de données complète. Une fois ce terrain expérimental définit, nous avons mis au point une méthodologie permettant la récolte de données. Enfin ces données seront traitées pour permettre l'analyse.

Les données que nous rechercherons concerneront avant tout les interactions entre acteurs et les relations de pouvoir entre ceux-ci. Notre recherche se concentrera sur l'échelle globale du projet. Il ne s'agira pas de chercher à comprendre l'évolution des rapports de force ou des interactions à l'échelle de la relation particulière à un instant t , ni même de la séance de travail mais bien sur une échelle de temps longues, plusieurs semaines au moins. Aussi, nous nous concentrerons plus sur le fait d'obtenir un panel de données large et représentatif de l'ensemble de la collaboration que sur la précision dans le temps de celles-ci.

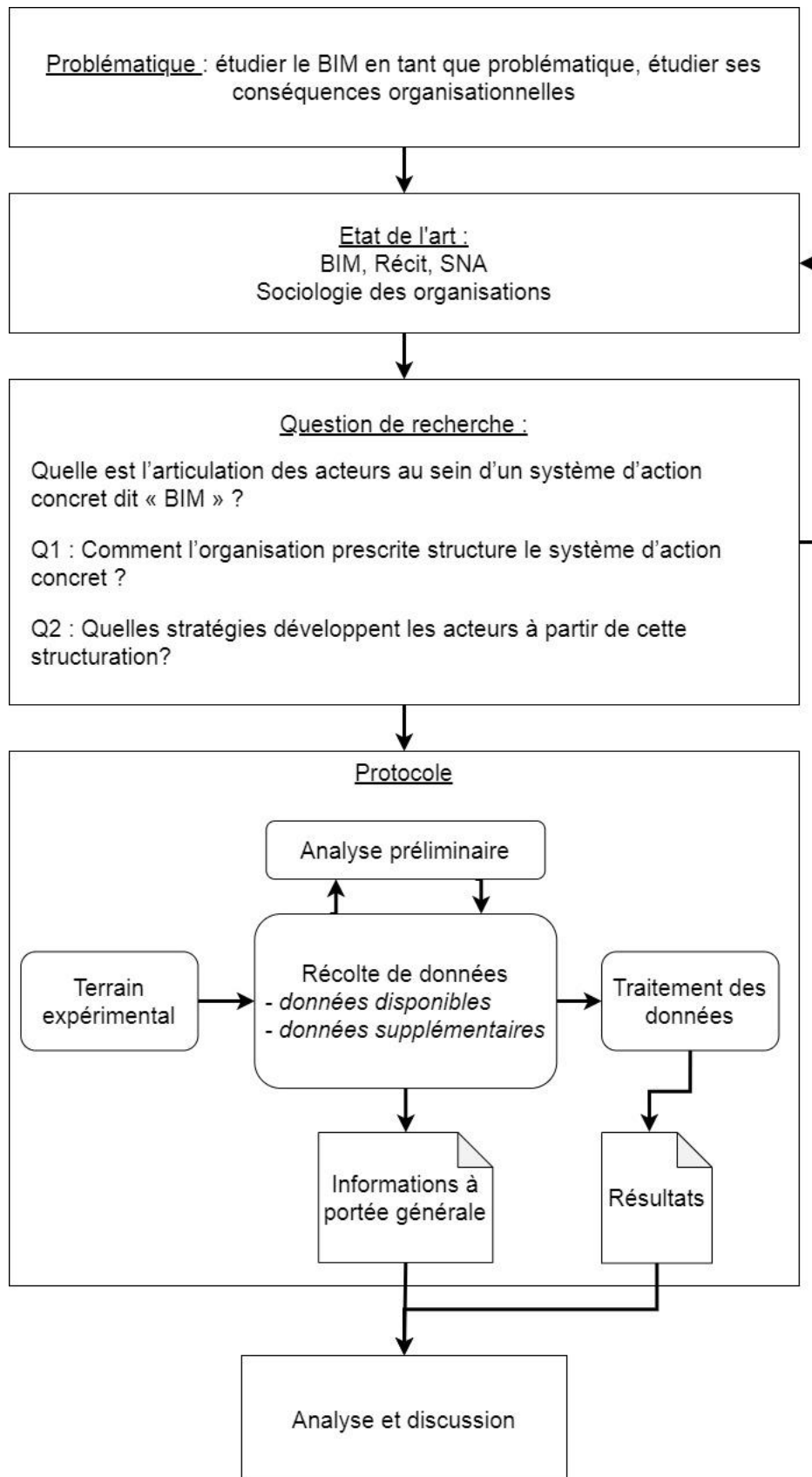


Figure 9 Schéma de synthèse de la méthodologie mise en œuvre

4.2 Terrain expérimental

4.2.1 Besoins et choix du terrain expérimental :

Pour les besoins de notre analyse le terrain expérimental que nous devons choisir doit répondre à plusieurs impératifs.

D'abord ce terrain expérimental doit être une situation de production collective organisée sous le label du BIM. Ce cadre d'étude doit être suffisamment proche d'une situation réelle pour générer de vraies relations de pouvoir. Notre terrain expérimental doit donc avoir un enjeu du point de vue des acteurs. Par ailleurs, il doit s'articuler sur une période relativement longue permettant la formation d'un système d'action concret suffisamment structuré et différencié de l'organisation prescrite pour être perceptible. Dit autrement, puisque nous chercherons à identifier les stratégies des acteurs, leurs régularités de comportement, il faut que la durée du travail soit suffisante pour permettre la mise en place de cette régularité. Enfin la production collective doit faire l'objet d'une organisation a priori, c'est-à-dire que le système d'action concret doit être structuré avant sa mise en place par un ensemble de régulation qui nous sont accessibles.

Mais dans un même temps ce terrain expérimental doit être suffisamment maîtrisé, connu et accessible pour permettre l'obtention d'informations complexes et souvent informelles.

Compte tenu de ces impératifs, nous en sommes venus à la conclusion que le format le plus adapté à notre démarche est celui d'un projet pédagogique « BIM » qui nous serait facilement accessible et bien connu. Notre choix s'est alors porté sur le Studio Digital Collaboratif BIM (SDC BIM) 2020/2021. En effet ce cours donné dans le cadre du master 1 ingénieur-architecte de l'université de Liège correspond à de nombreux critères de notre étude.

Tout d'abord c'est un projet explicitement estampillé « BIM », dont le but pédagogique est d'apprendre aux élèves de master les méthodes de travail qui y sont liées tant d'un point de vue technique, avec la modélisation de la maquette BIM, que du point de vue des processus et de l'organisation. Cet apprentissage passe par la réalisation d'une maquette BIM et son exploitation, dans des modalités qui se veulent proches de la réalité d'un projet de conception. C'est donc bien un travail de production collective.

Pour reprendre notre hypothèse du BIM en tant que récit, ce projet pédagogique est un vecteur en soi du récit. Il entre donc parfaitement dans le cadre général de notre étude.

Ensuite ce projet fait collaborer des groupes relativement importants d'élèves, ici un groupe de onze et un de dix, et pendant un temps long, onze semaines de travail pour environ 78h théoriquement réservées au projet. Pour les élèves ce cours correspond à 6 crédits ects. Par ailleurs nous savons qu'une part de ce travail se fait en dehors des horaires dédiés et que les groupes sont majoritairement constitués d'élèves se connaissant. Tout ceci nous porte à croire que le projet constitue bien un enjeu pour les élèves et que des relations de pouvoir durables vont se créer autour du projet.

Enfin le projet est soumis à une organisation prescrite du système d'action. Au début du projet les acteurs sont assignés à des tâches et un planning est fixé. Là encore SDC BIM rentre bien dans nos critères.

Ajoutons à ces éléments que le SDC BIM prend place dans le cadre de la section ingénieur-architecte dont nous faisons également partie. Nous avons nous même participé à ce projet en tant qu'élève pendant sa session 2019/2020 et surtout nous avons participé à la révision d'une partie de l'énoncé en tant qu'élève assistant. Cela nous permet d'avoir conscience d'une partie des enjeux et des fonctionnements de l'exercice. De plus, nous connaissons une partie des étudiants qui seront les acteurs du projet. Ceci peut constituer un biais dans notre analyse dont nous avons conscience. Néanmoins, c'est également une

source de données en soi et notamment de données relatives à des facteurs informels, qu'il aurait par ailleurs été difficile de percevoir hors de ce contexte.

Enfin, et comme il a déjà été dit, les élèves sont divisés en deux équipes indépendantes lors de ce projet. Analyser le système d'action concret des deux équipes peut avoir son intérêt dans leur comparaison, néanmoins ce n'est pas une condition nécessaire pour répondre à notre question de recherche. Aussi nous avons fait le choix de réduire l'analyse à une seule équipe, pour nous permettre de rentrer plus profondément dans l'analyse qui représente déjà un travail conséquent à elle seule.

4.2.2 Description du terrain expérimental

Maintenant que le choix du terrain expérimental est posé, nous pouvons le décrire plus en détail. Nous commencerons par donner des informations générales sur son fonctionnement et sur le contexte dans lequel il s'inscrit puis nous détailleront certains points stratégiques pour notre étude.

Précisons d'emblé qu'au vue de notre question de recherche, la caractérisation du terrain expérimental est déjà en soi une récolte de donnée importante puisqu'elle définit en grande partie l'organisation prescrite du système d'action concret. La description qui va suivre va donc en elle-même faire l'objet d'une analyse par la suite. Elle est issue d'une part de notre expérience personnelle en tant qu'élève et qu'élève assistant et d'autre part des supports donnés aux élèves lors de leur travail.

4.2.2.1 Description générale

Le Studio Digital Collaboratif BIM est un projet du cursus ingénieur architecte de la faculté de sciences appliquées de l'université de Liège. Il prend place au second quadrimestre de master 1. Nous étudierons la session 2020/2021 de l'exercice. La partie projet elle-même s'étend sur une période de onze semaines du 22/02/2021 au 23/05/2021. Le module de cours est théoriquement divisé en 15h de cours théorique, 40h de travaux pratiques et 78h de projet. Dans les faits, une partie du temps de travaux pratique est dédié plus ou moins directement au projet. Par ailleurs les élèves effectuent une partie de leur travail hors des horaires dédiées, dans des proportions variables suivant les élèves et difficilement quantifiables.

Le projet consiste en la modélisation d'une maquette BIM sur un logiciel dédié et en son exploitation. La répartition des tâches est donnée avant le projet, chaque acteur est alors associé à une mission de modélisation et d'exploitation. Nous choisisons par convention d'appeler *équipe* l'ensemble des onze acteurs du système et *groupes* les partitions de cette équipe autour des missions. Par exemple nous parlerons de groupes de modélisation et de groupes d'exploitation.

Les éléments à modéliser sont répartis en quatre missions qui feront l'objet d'une partition de l'équipe en quatre groupes, on y retrouvera :

- la structure (ST), c'est-à-dire la modélisation des fondations, structures poteaux poutres, planchers...
- le partitionnement intérieur (PI), soit la modélisation des cloisons, des portes, d'éléments de finitions...
- les fluides (FL), comprenant la modélisation des réseaux d'air, d'évacuation d'eaux usées et pluviales ...
- l'enveloppe (EN), modélisant l'isolation, les toitures, les menuiseries...

Il est prévu dans l'énoncé de l'exercice que chaque groupe produise sa propre maquette.

L'exploitation se fait sur le même mode de répartition mais avec des compositions de groupes différentes. Les groupes d'exploitation sont :

- les deviseurs (DE), avec pour mission le chiffrage financier des travaux
- les planificateurs travaux (PL)
- les facility manager (FM)
- les coordinateurs technique et organisationnel (CO)

La mission de modélisation comprend une production collective à l'échelle des groupes de modélisation mais aussi à l'échelle de l'équipe puisqu'il est dès le départ prévu que les différents corps de métiers doivent coordonner leur travail pour que leurs différentes modélisations concordent. Cette coordination entre les maquettes de chaque groupe de modélisation est assurée par une phase de détection de clashes, qui est de la responsabilité des coordinateurs techniques.

La répartition des onze acteurs de l'équipe étudiée est décidée par l'encadrement avant le début de l'exercice. Les rôles et la composition des équipes sont imposés et les acteurs ne possèdent *a priori* pas de marges de négociations quand à cette répartition. Cette répartition est donnée sous la forme suivante :

| | | Mission de modélisation | | | |
|------------------------|--|-------------------------|----------------|--------------|------------------------------|
| | | Enveloppe (EN) | Structure (ST) | Fluides (FL) | Partionnement Intérieur (PI) |
| Mission d'exploitation | Deviseur (DE) | 6 | 3 | | 8 |
| | Planificateur Travaux (PT) | 4 | 1 | 10 | |
| | Facility Manager (FM) | | | 9 | 7 |
| | Coordinateur technique et organisationnel (CO) | 5 | 2 | 11 | |

Figure 10 Répartition des missions données aux acteurs par l'encadrement

L'objet de la modélisation est un projet créé dans le cadre d'un atelier de master 1 ingénieur architecte effectué trois ans auparavant. Les étudiants auteurs du projet ne sont plus présents à l'université. Ce projet est ensuite passé par une phase d'étude technique auprès des étudiants de master 1 de l'IMT Mines Alès qui ont effectué le dimensionnement de la majeure partie des bâtiments et ont écrit un rapport synthétisant leur travail. Ce rapport ainsi que les plans originaux sont donnés aux élèves en début de projet. Il existe des incohérences entre les deux versions du projet que les élèves doivent arbitrer en accord avec l'encadrement. Le SDC BIM s'inscrit donc à la fin d'un processus pluridisciplinaire et inter organisationnel.

Le projet à modéliser est un musée situé à Marseille appelé « le port antique ». Conçu comme trois volumes en partie joints, le musée représente une surface d'environ 8000m² à modéliser. Les éléments de la maquette sont à modéliser en LOD 300. Le projet, tel que les étudiants le reçoivent, est en phase d'APD (avant projet détaillé), grâce à leur modélisation ils le feront tendre vers la phase d'exécution.



Figure 11 Vue issue de la version initiale du projet

Des outils sont prescrits et mis à disposition pour la réalisation des missions :

- Revit, logiciel de modélisation
- Autodesk BIM360, plateforme de collaboration permettant une synchronisation proche du temps réel des maquettes Revit
- BIM Track, plateforme de coordination des maquettes
- BIMcollab Zoom, Solibri checker, Navisworks Manage, outils d'évaluation et de révision de données

Par ailleurs, une série de documents est fournie aux étudiants pour mener à bien leur projet (liste issue de l'énoncée du projet) :

- l'Annexe 1 comprenant les informations sur le projet.
- l'Annexe 2 comprenant la description des rôles par équipe, sous forme de cartes d'activité.
- les cours théoriques : introduction, protocole, outils, etc.
- le modèle du protocole BIM belge du CSTC et son guide d'utilisation
- la mercuriale des prix théoriques des éléments de construction, à adapter
- un ordre de grandeur du temps nécessaire, lors du chantier, à l'achèvement de chacun des lots concernés par le planning des travaux.

En termes d'horaires, les cours théoriques sont principalement répartis avant et au début du projet. Par ailleurs plusieurs dates clefs sont fixées au cours du projet : présentation, début de phases, jury, rendus de rapports (fig.12).

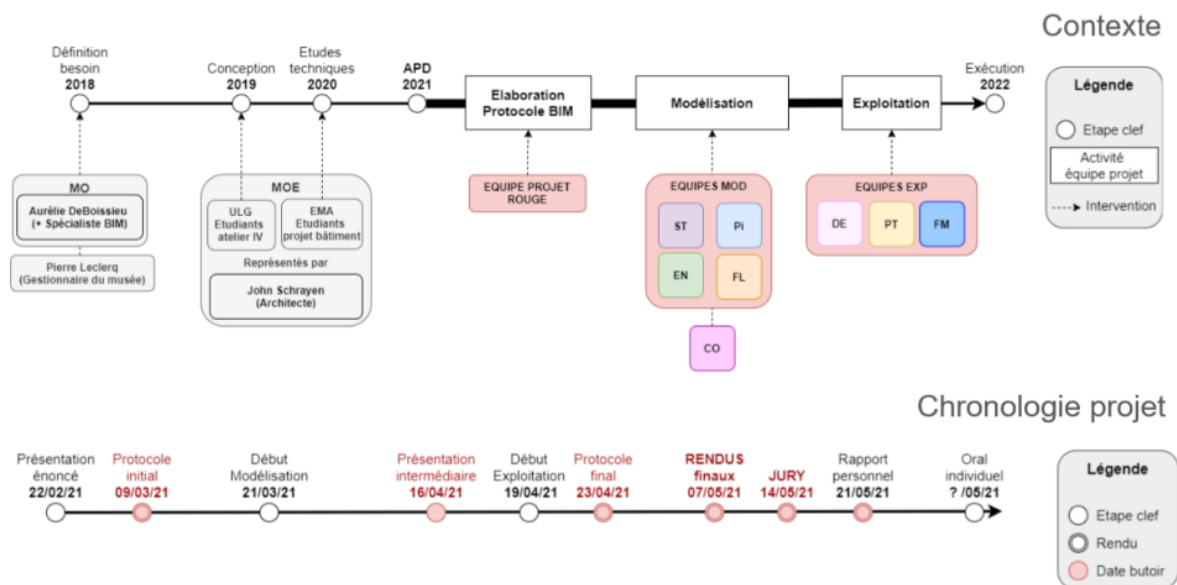


Figure 12 Synthèse de la chronologie du projet (rapport collectif)

Un horaire de réunion dédié est prévu tout les vendredis, les acteurs sont par ailleurs totalement libres de fixer d'autres régulations temporelles en interne comme des réunions ou des dates butoirs.

En plus des tâches de production il est demandé plusieurs autres livrables aux élèves.

D'abord ils doivent rédiger eux-mêmes leur protocole BIM. Celui-ci fait l'objet d'une présentation initiale puis d'un rendu après révision.

Les élèves doivent par ailleurs rendre deux rapports. Un premier rapport commun à toute l'équipe permet de décrire les problématiques rencontrées à cette échelle. Il comprend trois parties : travail collectif, coordination des maquettes métier et exploration des plateformes collaboratives.

Un second rapport, personnel cette fois, est demandé à chaque élève. Ceux-ci doivent d'abord présenter globalement le déroulement de leur projet, les membres de l'équipe ainsi que leur profil. Par la suite ils doivent présenter le détail de leur travail et en proposer une analyse. Pour cela ils doivent découper en phases leur projet et en décrire succinctement le déroulement pour chaque mission et pour l'équipe.

Ces trois documents constitueront une des bases de notre récolte de données et feront l'objet d'un développement dans la suite du travail. Leur but affiché est de développer la réflexivité et les capacités d'analyse des élèves.

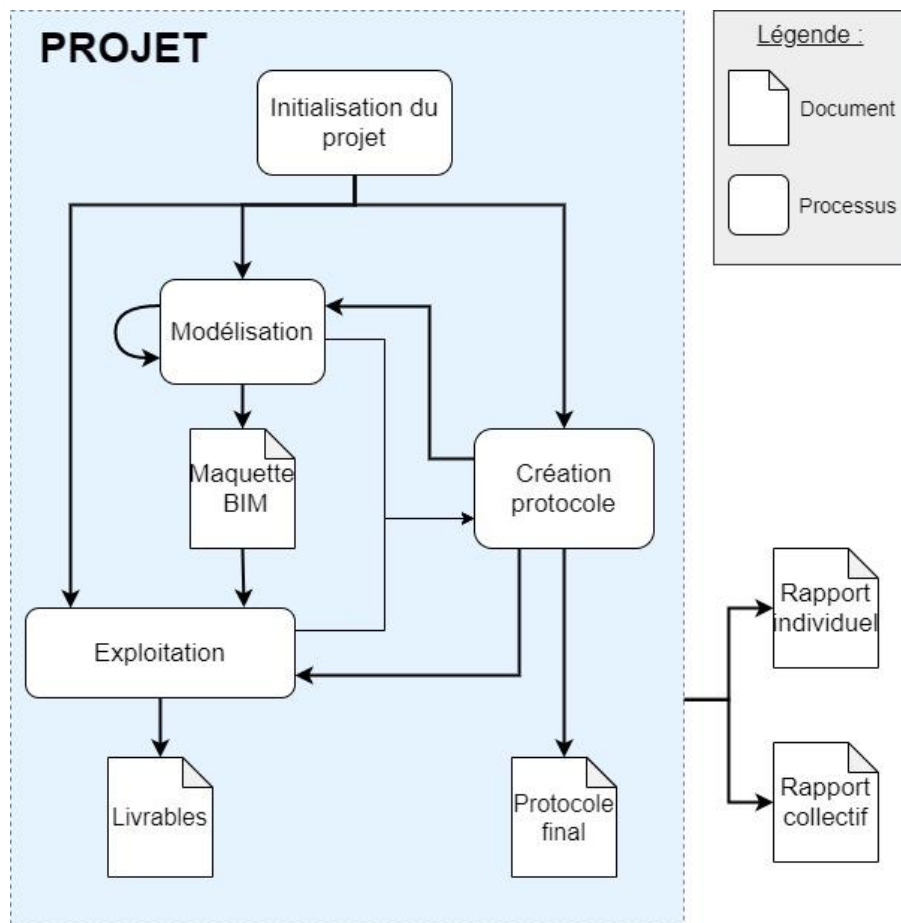


Figure 13 Workflow synthétique de l'exercice

Enfin, l'encadrement est constitué de quatre membres (tab.1).

En tant que membres de l'équipe pédagogique ils ont un rôle d'encadrement pédagogique. C'est-à-dire qu'ils ont à la fois un rôle de transmission du savoir, un rôle disciplinaire et un rôle d'évaluateurs du travail. Par ailleurs ils remplissent également un rôle d'encadrement du projet, ils doivent simuler les interactions avec des membres du projet extérieurs à l'équipe. Ce double rôle d'encadrement imposé par les conditions matérielles du projet (nombre limité d'encadrant) constitue une des limites au réalisme du projet puisque les arbitrages et les rapports de forces entre l'équipe et l'encadrement doivent répondre parallèlement à ces deux dimensions. Ce double positionnement est par ailleurs une force dans l'objectif pédagogique du projet, permettant un dialogue fluide et constructif entre les deux rôles.

Tableau 1 Tableau récapitulatif des rôles pédagogiques et rôles projet des encadrants

| Nom | Statut pédagogique | Rôle pédagogique | Statut projet | Rôle projet |
|---------------------|---------------------------------------|---|-----------------------|--|
| Pierre Leclercq | professeur | gestionnaire du module pédagogique | gestionnaire du musée | élabore les demandes du client et les livrables demandés |
| Aurélie De Boissieu | professeure | mission de modélisation et d'utilisation d'un environnement de données commun | maitre d'ouvrage | |
| John Schrayen | ingénieur architecte | spécialiste en modélisation architecturale numérique | architecte | arbitre les question relative à la conception architecturale |
| Anabelle Rahhal | ingénieur architecte, spécialiste BIM | protocole BIM et le plan d'exécution BIM | BIM coordinatrice | relai auprès du maître d'ouvrage, consultante BIM |

4.2.2.2 Contexte de travail

L'environnement de travail dans lequel s'est tenu SDC BIM avait plusieurs particularités qui ont influencé le déroulement du projet et qui influencerons également notre méthodologie.

D'abord le projet s'est déroulé au sein de la section ingénieur architecte de l'université de Liège. Cette section a, d'une part, la caractéristique d'accueillir un nombre d'élèves restreints et d'autre part d'accueillir en master des élèves issus de différents parcours.

Dans les promotions concernées par l'exercice, le nombre d'élève en formation initiale est ainsi relativement réduit. Plus généralement le faible nombre d'élèves, le nombre importants de projets en groupe pendant le cursus et la présence d'espaces de sociabilisations propre à la section entraînent inmanquablement la création d'un réseau dense de relations personnelles en son sein. On peut affirmer sans risque que tous les élèves participant au studio ont au moins une connaissance en commun, voir que la plupart se connaissent avant le début de l'exercice. De la même manière certains élèves ont déjà travaillé ensemble ou ont des projets en communs en parallèle de SDC BIM.

Par ailleurs, dans l'équipe de onze que nous étudieront, seuls trois élèves ont commencé leurs études au sein de la section et un seul est au sein de sa promotion initiale. Les autres sont arrivés par une année passerelle depuis un master d'ingénieur ou d'architecture.

Pour des raisons structurelles, l'équipe que nous étudierons accueille donc à la fois une certaine variété de parcours et à la fois un groupe relativement lié sur le plan personnel.

Dernière conséquence du faible nombre d'élève, même si des exceptions existent, ceux-ci sont généralement bien connus du corps enseignant.

La deuxième caractéristique du contexte de travail de SDC BIM est plus contingente : à cause de l'épidémie de COVID-19 l'exercice a dû se dérouler à distance. La principale conséquence de cette condition est que les interactions entre acteurs ont été presque entièrement médiatisées, sauf cas particulier les acteurs ne se sont pas rencontrés en face à face durant l'exercice. Nous ferons l'hypothèse que cette médiatisation systématique des échanges a limité le nombre d'interactions informelles. En effet contrairement à un cas classique où les acteurs auraient pu se rencontrer lors de moments informels et évoquer le projet, comme une pause café, le temps du déjeuner, à la sortie d'un cours ou même lors d'une soirée, ce type d'interaction a nécessité un effort conscient. Comme nous l'avons vu nous nous intéresserons à ce type d'interactions, cette hypothèse a alors deux conséquences. D'abord la limitation du nombre d'échange informels peut être vue comme un inconvénient pour notre étude, cela crée un biais par rapport à un cas classique. Par ailleurs, cette conscientisation de l'interaction informelle rend plus solide la récupération de données déclaratives à ce sujet. Puisque les acteurs ont dû faire une démarche, consciente qui plus est, pour effectuer ce type d'interaction, alors ils sont plus à même de déclarer les avoir menés.

Nous pourrions également faire une seconde hypothèse sur les conséquences de cette médiatisation des échanges : les outils qui ont médiatisés les interactions ont certainement eu une influence sur la façon de communiquer et donc sur la circulation de l'information dans le groupe, tant formellement qu'informellement. Notamment, la présence de communications écrites partagées à toute l'équipe pourrait avoir formalisé certaines interactions qui seraient restées informelles sinon. Comme nous l'avons vu, cette circulation de l'information est un paramètre important de l'établissement des rapports de pouvoir entre acteurs. Nous ne nous plaçons pas ici dans une perspective sociotechnique et nous n'étudierons pas directement cette hypothèse, mais nous garderons à l'esprit que ce peut être un élément influent sur notre expérience.

Enfin, les conditions Covid ont influencé la composition des groupes en rendant les échanges internationaux plus complexes. Ainsi, contrairement à d'autres années, il n'y a pas d'élèves issus d'autres formations et notamment pas d'élèves non-francophones. Cela implique, entre autres, l'emploi systématique du français dans les communications.

4.2.2.3 Rapport personnel, contenu et structure

Pour la suite de notre méthodologie il nous paraît important de décrire plus en avant la structure du rapport personnel fourni par les élèves en fin d'exercice. Ce rapport constituera en effet une de nos principales sources de données.

Les rapports contiennent beaucoup d'informations, toutes ne seront pas utiles à notre travail. De nombreuses informations exploitables se trouvent de manière diffuse dans les rapports. Cependant certaines parties concentrent de l'information utile dans notre contexte, c'est sur celles-ci que nous nous concentrerons maintenant.

Par ailleurs la structure de ce rapport est une proposition, les élèves sont libres de l'interpréter et de la modifier, l'essentiel pour eux est de présenter une vision structurée, réflexive et analytique de leur travail en collaboration.

Le rapport personnel demandé aux élèves a été structuré en cinq parties (fg. 14) :

- Présentation générale de l'exercice et de l'équipe
- Description et analyse du déroulement de la mission modélisation
- Description et analyse du déroulement de la mission exploitation
- Description et analyse du déroulement général du projet en équipe
- Analyse critique de l'expérience

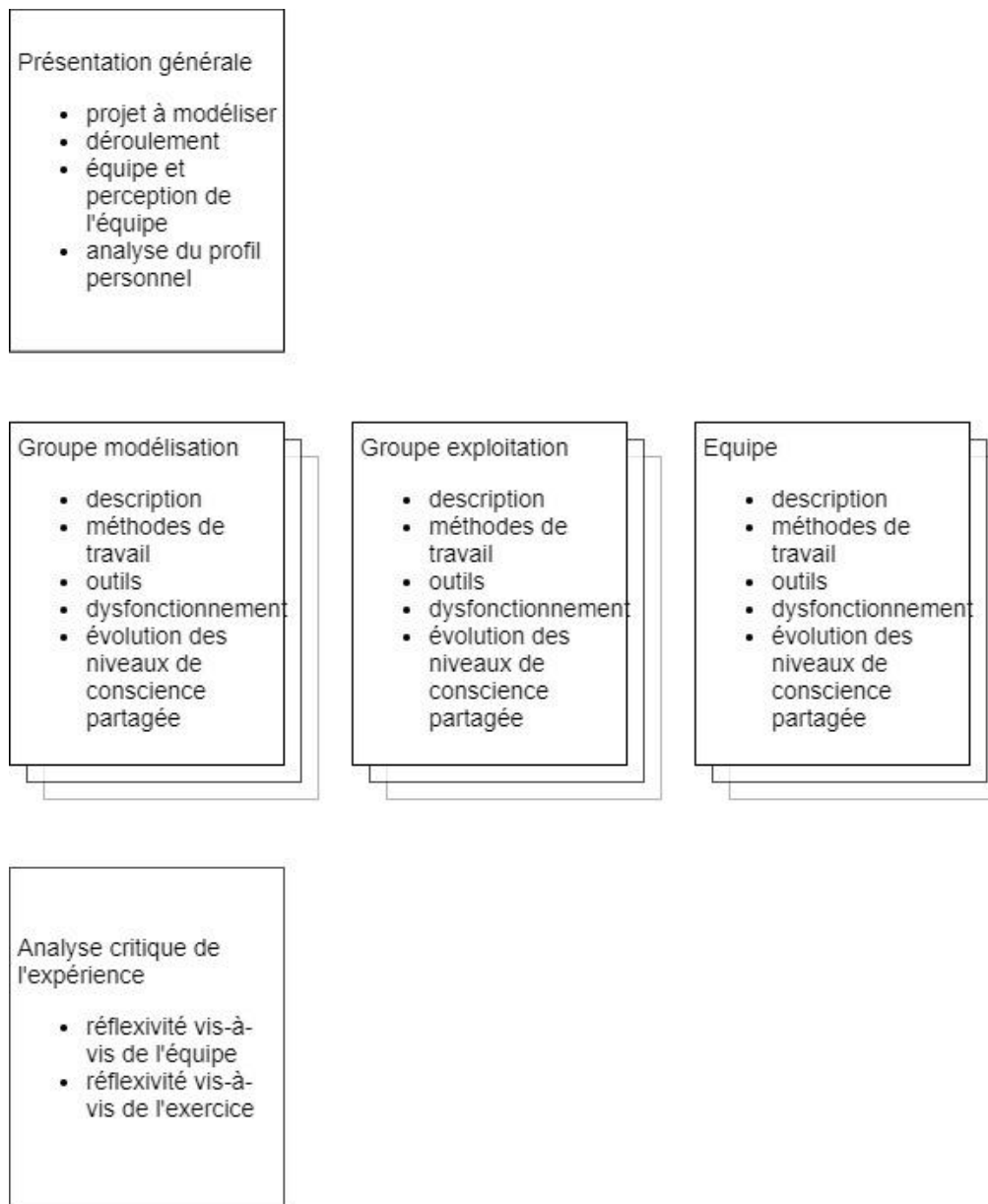


Figure 14 Synthèse générale de la structure prescrite du rapport personnel

La partie de présentation générale comprend notamment deux informations pertinentes. D'abord, une analyse sous forme de tableau des membres de l'équipe. Ils y attribuent notamment pour chaque participant l'existence d'un leadership et un commentaire général sur le profil de celui-ci lors du travail de groupe. Le même type d'information sera disponible pour chaque phase du projet. La seconde information potentiellement exploitable est une analyse de leur propre articulation vis-à-vis du groupe.

Les trois parties concernant les missions de modélisation et d'exploitation ainsi que le travail en équipe ont une structure prescrite identique. Les élèves sont invités à découper le projet en phases qui seront analysées pour chacune de ces trois échelles d'analyse. Pour chaque échelle et chaque phase une structure d'analyse est alors donnée, comprenant :

- Une description rapide du travail pendant la phase au sein du groupe de mission ou de l'équipe, la description comprend une description des leaderships dans le groupe ou l'équipe pendant la phase.

- Une analyse des méthodes de travail.
- Une analyse des outils utilisés.
- Une analyse des dysfonctionnements repérés.
- Une analyse de l'évolution du niveau de conscience partagée.

Enfin le rapport prévoit une partie d'analyse réflexive sur SDC BIM, scindée en une première moitié de réflexivité vis-à-vis de l'équipe et une seconde moitié de réflexivité vis-à-vis de l'exercice.

4.2.2.4 L'équipe

Les élèves sont répartis en deux équipes lors de l'exercice, cependant comme nous l'avons déjà dit nous n'en étudierons qu'une. Le choix de l'équipe à étudier a été fait sur base d'une analyse succincte du déroulement du SDC BIM pour chacune d'entre elle et à la suite d'une discussion avec Mr Leclercq qui encadrait et évaluait l'exercice. Notre choix a notamment été guidé par la présence dans une des deux équipes de comportements plus marqués de certains acteurs et de situations plus conflictuelles.

L'équipe comporte onze membres. Ceux-ci ont des parcours variés mais sont tous présents au sein de la formation depuis au moins trois quadrimestres. L'équipe est composée de sept femmes pour quatre hommes et de sept Français pour quatre Belges. Tous les participants ont entre 22 et 26 ans.

La sociologie de l'équipe semble relativement homogène : les participants sont tous étudiants, bénéficient d'une formation partiellement commune, ont des âges très similaires, fréquentent des lieux et des cercles sociaux en communs ou proches.

Enfin, pour les besoins de notre travail nous devrons évoquer les comportements des différents acteurs. Les données seront anonymes, aussi les onze acteurs de l'équipe seront désignés par des numéros, de 1 à 11, attribués de façon aléatoire.

4.3 Récoltes de données

Notre récolte de données s'est déroulée en deux parties. Il nous a d'abord fallu récolter les données disponibles issues directement de notre terrain d'étude. A partir d'une première analyse de celles-ci nous avons pu mettre en place une procédure de récolte de données complémentaires auprès des acteurs. Ce processus est résumé figure 15.

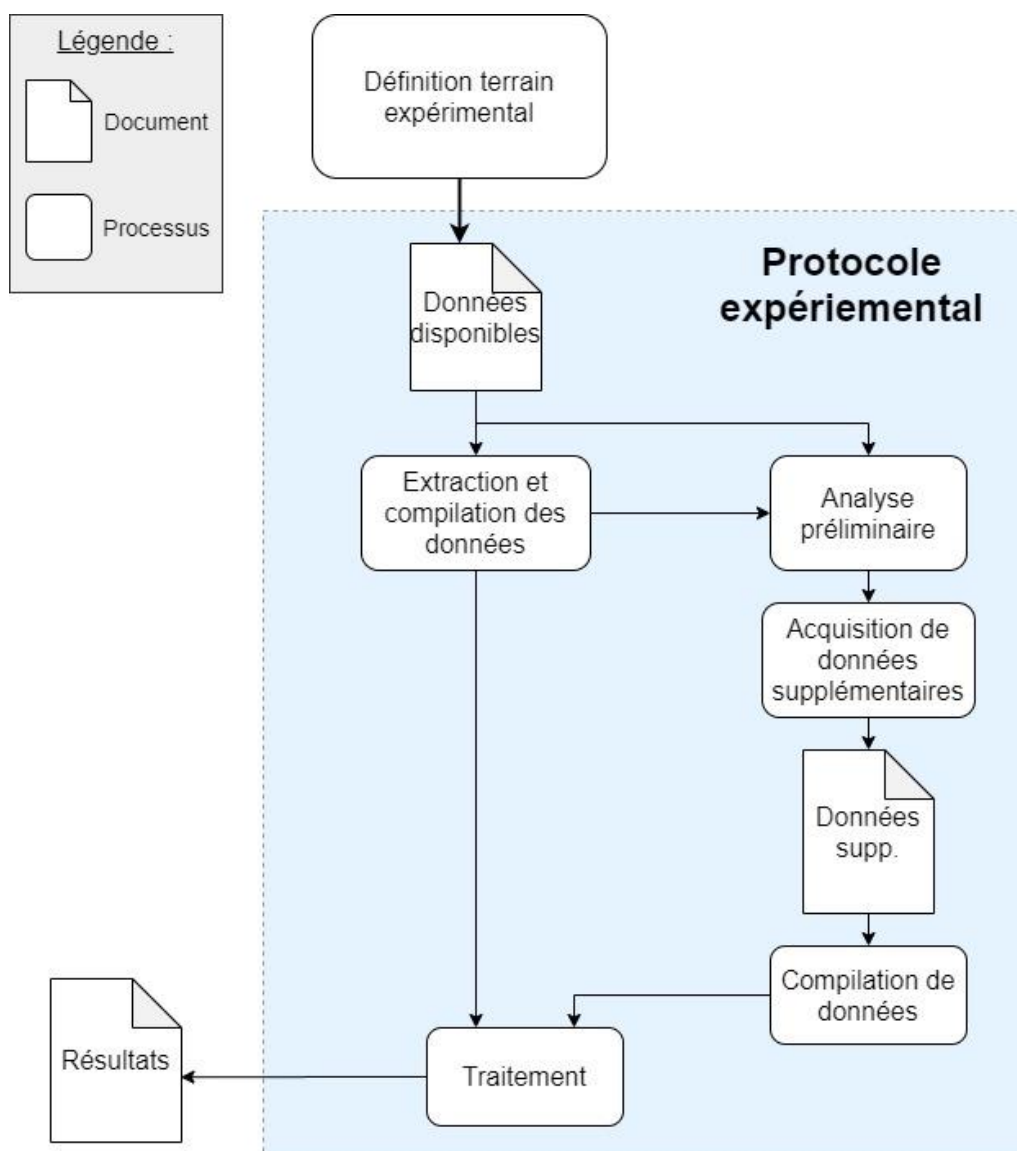


Figure 15 Workflow général de la récolte de donnée

4.3.1 Données disponibles

De nombreuses données utiles à notre analyse ont été produites directement à partir de notre terrain d'étude. En effet nous analyserons l'organisation prescrite de l'exercice, c'est-à-dire la manière dont celui-ci a été présenté aux acteurs. Cette présentation a été résumée par un énoncé. D'autre part nous souhaitons analyser le déroulement réel de l'exercice. Or, SDC BIM comprend une partie de restitution réflexive des acteurs sur leur travail. Cette restitution prend deux formes : le rapport collectif et les rapports individuels. Enfin, le protocole BIM, prévu pour être un des livrables de l'exercice, constitue également une source de données complémentaire intéressante.

4.3.1.1 Enoncés du sujet

Les premières données directement accessibles pour notre analyse se trouvent dans l'énoncé du sujet. Celui-ci est fourni aux élèves en début de projet et comprend :

- Les objectifs de l'exercice.

- Ses modalités, comprenant la définition des rôles remplis par les encadrants dans le cadre du projet.
- Une présentation rapide du projet à modéliser.
- Une description des phases de travail en groupe, comprenant la composition des équipes et la répartition des missions à l'intérieur de celles-ci.
- Un récapitulatif des livrables à fournir.
- La documentation et les outils fournis.
- Les critères d'évaluation
- Les informations pratiques.

Différents éléments présents dans cet énoncé seront repris dans notre analyse. La répartition des tâches fera l'objet d'un traitement plus poussé basé sur la SNA.

Globalement cet énoncé permet de comprendre la base de l'organisation prescrite par l'encadrement.

4.3.1.2 Rapport collectif et protocole BIM

Le rapport collectif a été rédigé en collaboration par tous les acteurs de l'équipe. C'est un rapport obligatoire qui fait partie de l'évaluation de l'exercice. Le rapport doit rendre compte du travail effectué lors du projet et de l'analyse réflexive commune des élèves sur celui-ci.

Le rapport s'organise en trois parties :

- Organisation du travail collaboratif.
- Coordination des maquettes métier.
- Focus sur l'exploration des plateformes collaboratives.

Là encore des éléments ponctuels seront repris dans l'ensemble de l'analyse. Ce rapport permet principalement de comprendre les régulations autonomes formalisées de l'équipe et leur articulation avec les régulations de contrôle. Aucune information contenue dans ce rapport ne fera l'objet d'un traitement par la SNA.

Le protocole BIM rédigé par les élèves fait lui partie des livrables du projet. Il est rédigé en collaboration par tous les élèves de l'équipe. Son objectif est de formaliser dans un cadre défini les processus de modélisation et de collaboration au sein de l'équipe.

Le protocole est constitué d'un document principal ainsi que de six annexes

- Termes et définitions
- Processus BIM
- Model Element Author (MEA)
- Plateforme Google Drive
- Plateforme BIM 360
- Requêtes exploitants

Dans les faits, c'est principalement le corps principal du protocole qui nous sera utile pour compléter les informations issues du rapport collectif sur la collaboration des acteurs lors du projet.

Là encore, aucune information du protocole ne fera l'objet d'une analyse par la SNA.

4.3.1.3 Rapports personnels

Les rapports personnels sont la principale source d'information disponible pour notre analyse.

Tout d'abord ces rapports nous permettent de compléter et d'affiner notre compréhension générale de la collaboration au cours du projet. Ce rapport étant individuel et portant fortement sur l'analyse réflexive des acteurs, il nous fournit plus d'informations que les sources de données précédentes sur les pratiques informelles.

Ces rapports nous permettent également de comprendre en partie la vision personnelle des acteurs sur le travail de l'équipe, de chacun des groupes de mission dans lesquels ils s'inséraient et sur leurs propres productions. En cela il tiendra une place comparable dans notre analyse aux entretiens individuels qui constituent la base de la méthodologie proposée par M. Crozier et E. Friedberg (1977).

Par ailleurs plusieurs éléments feront l'objet d'une analyse plus spécifique.

Les commentaires donnés par les acteurs sur les autres membres de l'équipes seront encodés et utilisés pour corroborer notre analyse quand aux rôles des acteurs dans l'équipe.

Les analyses de leadership à l'échelle des phases de projet et des groupes de missions seront également encodés et feront l'objet d'une analyse plus spécifique en vue déterminer les leaderships existants dans ces groupes. Ici nous nous baserons sur la double définition du leadership donnée dans l'état de l'art (voir 2.3). En effet nous feront l'hypothèse que le leadership tel que décrit par les élèves correspond moins à une définition précise qu'un consensus sur le sens du mot au sein de l'équipe. A partir de cette donnée de leadership déclaré nous pourrons effectuer un traitement pour nous rapprocher de notre définition descriptive du leadership comme régularité du pouvoir d'un acteur dans ses relations à l'intérieur d'un groupe.

Enfin nous tenons à signaler deux éléments importants. La structure prescrite des rapports individuels n'est pas obligatoire et certains rapports adoptent une articulation différente des éléments. Nous devons donc composer avec certaines différences dans la structure des données et parfois des manques. De plus un des élèves n'a pas rendu de rapport pour des raisons personnelles. Bien que cela ne remet pas en question notre analyse, il s'agit tout de même d'un manque d'information dommageable.

4.3.1.4 Précautions

L'exploitation de ces données disponibles appelle plusieurs précautions quand aux biais dont elle fait l'objet.

D'une part, ces données n'ont pas été créées dans l'optique de servir notre analyse, il est donc normal que toutes ne soient pas exploitables et que les termes employés par les élèves ne correspondent pas complètement à ceux employés dans le présent travail.

D'autre part, ces données ont été produites dans leur propre cadre, avec leurs propres contraintes, notamment en ce qui concerne les rapports collectifs et individuels. Les premières contraintes qui différencient fondamentalement le rapport collectif des rapports individuels, est son mode de création et son accès. Le rapport collectif est en effet écrit en commun et accessible à tous les élèves. A l'inverse le rapport individuel est strictement personnel et relu uniquement par deux enseignants. Nous nous attendons donc légitimement à trouver une description du réel plus consensuelle dans le rapport collectif, mais également plus limitée.

Il est intéressant de rappeler deux autres contraintes. D'abord les élèves s'insèrent dans un réseau social privé dense, l'avis donné par un élève sur un autre est donc subjectif et nécessairement biaisé par leur lien personnel. Le second biais à prendre en compte, et c'est une remarque faite par plusieurs élèves dans leurs rapports personnels, concerne la place des encadrants. En effet ceux-ci sont à la fois juges et parties. Ils ont participé à encadrer l'exercice mais l'évalueront également. Certains élèves peuvent donc hésiter à critiquer de

manière frontale leurs camarades, leurs enseignants ou même leur propre comportement. Emettre une critique vive, même si elle est justifiée, revient à prendre le risque de dégrader leur propre image ou celle de leurs camarades, et potentiellement leurs notations. Par ailleurs les enseignants sont également insérés dans leur propre réseau social et dans la structure universitaire plus large de laquelle dépendent fortement les élèves. Les conséquences d'une image dégradée peuvent donc dépasser le cadre de l'exercice. Les encadrants ont également conscience de ce biais. C'est une limite dont il faut avoir conscience pour apprécier les informations données dans les rapports.

Cela a plusieurs conséquences pour notre travail. D'abord, un seul point de vue ne sera jamais complètement suffisant pour éclairer une situation. Ensuite, ce mécanisme va *a priori* tempérer les explications que peuvent nous donner les rapports et rendre certains phénomènes sociaux plus compliqués à percevoir. Notre connaissance des élèves en question, et notre expérience de l'exercice, peuvent nous permettre de compenser en partie ce biais, mais pas complètement. Par ailleurs, c'est également un moyen de limiter les manœuvres visant à porter préjudice à un élève à travers un rapport, ce qui nous assure une certaine fidélité des rapports au réel.

Remarque : Cette double position des encadrant et l'insertion de tous les acteurs, enseignants compris, dans un réseau de relations sociales sur le long terme constitue en soi un mécanisme de régulation des comportements et des stratégies. C'est une part du système d'action concret « section ingénieur-architecte » qui constitue à la fois le cadre de notre terrain d'étude et sa limite.

4.3.2 Données supplémentaires

Après une première analyse des données disponibles, nous en sommes venus à la conclusion que certaines données étaient manquantes pour compléter notre analyse. Ces données manquantes sont de deux natures : l'insertion des acteurs de l'équipe dans leur environnement et leurs relations plus ou moins informelles lors de l'exercice.

Pour obtenir ces informations nous avons choisi de créer un questionnaire.

Le choix de cette forme répond à plusieurs critères. D'abord, sur un aspect purement logistique cette enquête a été créée après la fin du projet. Par ailleurs une observation directe, à travers un protocole, des situations réelles sur l'ensemble de l'exercice aurait été impossible au vu de la durée de celui-ci. De plus, ce sont précisément les relations informelles, ou du moins hors du cadre donné par les consignes de l'exercice, qui nous font le plus défaut dans les données disponibles. Or, ces données n'auraient pas été beaucoup plus accessibles à l'observation directe, lors de réunions par exemple. Enfin un traçage des échanges électroniques aurait été trop complexe à mettre en place par rapport à notre sujet, aurait été fortement intrusif et serait resté partiel puisque les élèves utilisaient plusieurs canaux de communication dont des canaux purement privés. Retenons cependant que dans d'autres cas cette possibilité existe et a déjà été appliquée (Singh 2017). La dernière option qui aurait pu être sérieusement envisagée aurait été d'effectuer une série d'entretiens individuels. Cependant, la présence de données déjà abondantes sur les expériences des acteurs ne laisse en suspend que des questions relativement redondantes qui se prêtent bien au format du questionnaire. Celui-ci étant par ailleurs plus rapide et moins lourd à mettre en place a donc été préféré.

Enfin, nous tenons à préciser qu'à cause de l'étalement dans le temps de notre travail et de l'évolution de celui-ci, certaines questions proposées dans le questionnaire n'ont pas trouvé leur utilité dans le travail final. Par souci de concision et de clarté nous ne développerons que celles qui seront utilisées dans la suite de l'analyse.

4.3.2.1 Evaluation des besoins

Comme il a été dit, les données qui nous sont directement accessibles laissent deux questions ouvertes : quelles ont été les rapports des membres de l'équipe avec leur environnement et quelles relations ont-ils exactement entretenu au sein de l'équipe, et notamment hors de leurs groupes de mission.

Prenons le temps de détailler le contenu exacte de ce que nous avons nommé jusqu'à maintenant « rapports » et « relations ». Ici nous chercherons à tracer trois types de relations :

- « avoir déjà travaillé avec »
- « travaillait avec sur un autre projet en dehors de SDC BIM »
- « avoir échangé avec à propos de SDC BIM »

Ces deux premières relations sont relativement univoques et simples à comprendre. Elles nous permettront de dresser le tableau de la manière dont est structuré l'équipe avant et en dehors de l'exercice.

La troisième en revanche demande quelques précisions. Nous savons en effet à ce stade que tous les échanges d'informations et données ont été médiatisés du fait de la nature même de l'exercice et des conditions Covid. Une grande partie des échanges de données a donc été faite par des moyens indirects, A360 pour les données relatives à la maquette numérique et Google Drive pour le reste. Ces formats d'échanges relèvent plus de la mise à disposition que de la transmission d'un acteur à l'autre. De la même manière, les échanges lors des réunions d'équipes ou sur des espaces de conversation partagés (Microsoft Teams et Messenger) mettent à disposition de tous la même information, quand bien même la discussion ne se déroulerait qu'entre un nombre limité d'acteur. Il ne semble pas alors pertinent de chercher à tracer ce type d'échanges. En effet nous cherchons ici à mettre en évidence les relations de pouvoir au sein de l'équipe et par là le système d'action concret. Hors, si comme nous l'avons dit l'information est un facteur clef de ces relations de pouvoir, c'est principalement la différence d'accès à l'information qui va influencer ces relations de pouvoir. Dans cette optique, l'information disponible pour l'ensemble des acteurs ne nous aidera pas à déterminer le positionnement des acteurs dans le système d'action concret. Ce que nous chercherons donc à tracer sera les échanges interpersonnels ou en groupes restreints. Ce terme d'échange sera utilisé tout au long du questionnaire, mais sera complété dans l'intitulé des questions par des expressions synonymes comme « communiquer » ou « aborder des aspects du projet ».

Par ailleurs nous avons également besoin de qualifier les échanges entre acteurs. En effet communiquer une fois pendant l'exercice avec un autre acteur n'a pas les mêmes implications que communiquer sur une base régulière. Dans notre cas nous avons choisi une échelle simple. Les élèves auront le choix entre deux fréquences d'échange :

- « Une ou peu de fois, de façon ponctuelle »
- « Plusieurs fois, de manière suivie au cours d'une ou plusieurs phase du projet »

Cette échelle relativement limitée nous est en partie imposée par le fait que le questionnaire s'applique de manière générale à tout l'exercice et qu'il a été envoyé après celui-ci. Il n'aurait ainsi pas été pertinent de demander une fréquence plus détaillée d'échanges alors que ceux-ci ont parfois eu lieu plusieurs mois auparavant et s'étalent sur onze semaines.

Cet étalement dans le temps constitue à la fois une limite de nos données, les rendant sensément plus imprécises, et une force puisqu'il permet de ne garder que les relations ayant eu suffisamment d'impact pour être mentionnées après l'exercice.

Les échanges avec l'environnement correspondent à plusieurs interactions : celles avec les encadrants, celles avec la seconde équipe et enfin tout autre relation reliée au projet. Dans les faits les relations avec les encadrants n'ont pas été utilisées dans l'analyse.

Enfin concernant les échanges à l'intérieur du groupe nous souhaiterons faire la différence entre deux types d'échanges. D'une part nous souhaitons tracer les échanges informels effectués hors des temps et lieux dédiés au travail.

D'autre part nous faisons l'hypothèse que tous les membres d'un groupe de mission ont échangé à propos de SDC BIM. Cependant nous souhaitons aussi savoir si les acteurs ont communiqué de manière formelle, lors d'une réunion entre groupes de mission ou dans une conversation dédiée sur Teams par exemple, et en dehors de leur groupe de mission. Cela nous permettra non seulement de dresser un tableau des échanges au sein de l'équipe mais également d'en préciser les modalités.

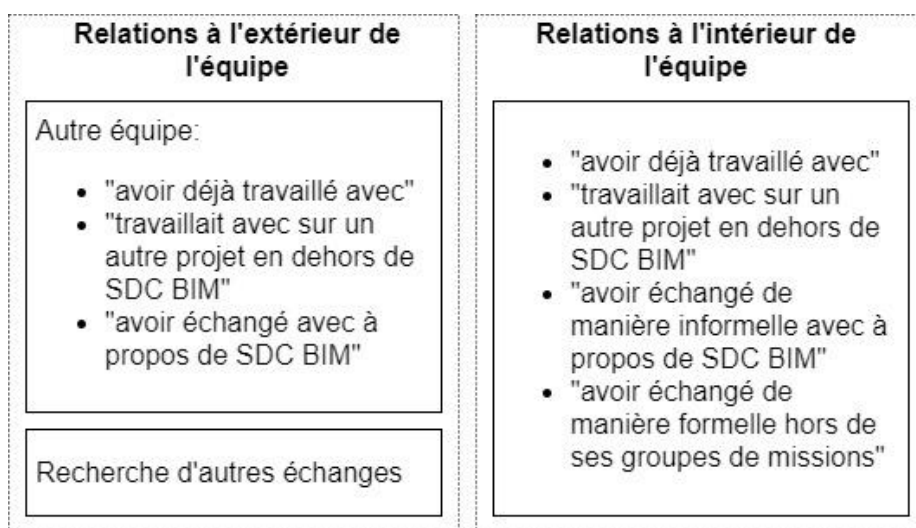


Figure 16 Récapitulatif des besoins de l'enquête

4.3.2.2 Conception

A partir des besoins que doit remplir l'enquête, nous avons pu concevoir celle-ci. Une question est dédiée à chacun des besoins de l'enquête. La modulation en fréquence est proposée pour les relations d'échanges.

Nous avons choisi de réaliser l'enquête dans un format Microsoft Excel. Ce format présente l'avantage d'être relativement adaptable et de permettre une récupération simple bien que non automatisée des résultats. Une fois l'enquête validée elle a été envoyée par mail aux élèves concernés.

Les questions se présentent toute sous forme d'une question rédigée suivie d'un tableau à double entrée. L'élève peut alors remplir les cases correspondant à sa réponse par un « 1 », et laisse les autres cases vides.

Par exemple notre question 2.3, une fois anonymisée, se présente sous la forme suivante :

2.3

Avec qui avez-vous eu l'occasion d'aborder des aspects du projet de manière informelle, en dehors des lieux et temps dédiés au travail?

| | Fréquence des échanges | |
|----|---|---|
| | Une ou peu de fois, de façon ponctuelle | Plusieurs fois, de manière suivie au cours d'une ou plusieurs phase du projet |
| 1 | | |
| 2 | | |
| 3 | | |
| 4 | | |
| 5 | | |
| 6 | | |
| 7 | | |
| 8 | | |
| 9 | | |
| 10 | | |
| 11 | | |

Figure 17 Exemple de présentation des questions de l'enquête.

La recherche d'autres échanges est assurée par la seule question ouverte de l'enquête : « Avez-vous eu des contacts relatifs à SDCBIM en dehors des personnes directement impliquées dans le projet ? Si oui pouvez vous décrire cette interaction ? »

Une version anonyme et purgée des éléments non exploités est disponible en annexe.

Le questionnaire se divise en question comportant plusieurs réponses possibles. Les questions et leurs réponses possibles ainsi que la nomenclature utilisée sont les suivantes :

1. Relation aux acteurs extérieurs

1.1. Non utilisée

1.2. Quelles relations avez-vous avec les membres de l'autre équipe de projet?

1.2.1. « Avant SDC BIM, j'ai déjà travaillé avec »

1.2.2. « Je travaillais sur un autre projet en parallèle de SDC BIM avec »

1.2.3. J'ai eu l'occasion d'échanger sur un point technique de SDCBIM avec

1.2.3.1. « Une ou peu de fois, de façon ponctuelle »

1.2.3.2. « Plusieurs fois, de manière suivie au cours d'une ou plusieurs phase du projet »

1.3. « Avez-vous eu des contacts relatifs à SDCBIM en dehors des personnes directement impliquées dans le projet ? Si oui pouvez vous décrire cette interaction ? »

2. Relation à l'intérieur du groupe

2.1. « Avec quels membres du groupe aviez-vous déjà travaillé sur des projets? »

2.2. « Avez-vous travaillé avec des membres du groupe sur d'autres projets en parallèle de SDC? »

2.3. Avec qui avez-vous eu l'occasion d'aborder des aspects du projet de manière informelle, en dehors des lieux et temps dédiés au travail?

2.3.1. « Une ou peu de fois, de façon ponctuelle »

2.3.2. « Plusieurs fois, de manière suivie au cours d'une ou plusieurs phase du projet »

2.4. Avec qui avez-vous communiqué à propos de SDCBIM pendant l'exercice, de manière formelle (réunion prévue, conversation dédiées...) et en dehors de vos groupes de modélisation et d'exploitation?

2.4.1. « Une ou peu de fois, de façon ponctuelle »

2.4.2. « Plusieurs fois, de manière suivie au cours d'une ou plusieurs phase du projet »

Les parties entre guillemets dans cette nomenclature sont les propositions auxquelles les acteurs pourront répondre directement en « cochant » les cases correspondant.

Cette nomenclature sera réutilisée pour la présentation du traitement des données et pour celle des résultats.

4.4 Traitement des données

Une fois la récolte des données effectuées, nous devons les traiter pour pouvoir effectuer notre analyse.

Ce traitement des données prendra plusieurs formes. D'une part, beaucoup de données sont présentes de manière diffuse dans les rapports et le protocole BIM issus de SDC BIM. Ces données concernant principalement les aspects formels de la collaboration et ne feront pour la plupart pas l'objet d'un traitement spécifique. D'autre part, les leaderships déclarés dans les rapports personnels doivent être compilés et traités. Enfin les données issues de l'enquête feront l'objet d'une compilation et de différents traitements suivant les questions.

4.4.1 Aspect général

Pour le traitement de nos données nous utiliserons principalement deux outils.

Microsoft Excel 2007 sera une base de compilation et de formalisation de nos données. Il nous permettra d'effectuer un premier traitement sur celle-ci et d'obtenir certains résultats basiques. Pour les analyses relevant de la SNA, Excel sera avant tout un outil de prétraitement, il pourra néanmoins nous fournir certaines centralités de degrés.

Certaines données, après un prétraitement sur Excel seront compilées sur un logiciel propre à effectuer des analyses de réseaux sociaux plus complexes. Le logiciel choisi pour réaliser ce type d'analyse est Social Network Visualiser (SoNV). Ce logiciel gratuit offre un certain une certaine facilité de prise en main et des options de visualisation intéressantes pour notre travail. Surtout, il offre une large palette d'outil d'analyse comprenant celles que nous avons choisit d'utiliser dans notre travail.

L'intégration des données dans SoNV répondra toujours au même schéma. Les graphes sont d'abord construits sous forme de matrices d'adjacence sur Excel pour reportés manuellement sur SoNV. Pour des graphes plus grands nous aurions pu avoir besoin d'utiliser un processus d'intégration automatisé, cependant la taille réduite de nos matrices et leur caractère symétrique réduisent fortement le nombre de valeurs à encoder (11 nœuds, 55 relations maximum).

Par ailleurs Adobe Photoshop et Draw.io ont été utilisés pour la mise en formes de certains résultats.

4.4.2 Données diffuses

La lecture des différents documents nous apprend beaucoup de choses sur la collaboration pendant le projet. Ces informations n'ont pas fait l'objet d'une formalisation particulière. Elles se retrouvent cependant en grande partie dans la description du terrain expérimental (voir 4.2) et les documents seront cités selon les besoins lors de l'analyse. Par ailleurs ces informations diffuses nous permettent de repérer certains comportements, certaines stratégies des acteurs qui nous permettront de centrer notre réflexion autour de certains acteurs.

La seule exception est le tableau de répartition des missions donné dans l'énoncé du sujet. Ce tableau permet en réalité de former un organigramme de l'organisation prescrite. Cet organigramme fait l'objet de notre première analyse relative à l'analyse des réseaux sociaux.

En définissant des relations entre acteurs « A a une mission commune avec B », qui décrivent donc les relations de collaboration définies *a priori* par l'organigramme, nous pouvons tracer des graphes liés à ce tableau. Nous nommerons ces graphes « graphes de collaboration prescrite ». Ceux-ci ne permettent pas de savoir qui a effectivement collaboré avec qui mais bien de comprendre les relations de collaboration attendues des élèves par les encadrants, en d'autres mots quelle est la régulation de contrôle sur l'organisation.

Trois graphes peuvent être composés à partir de ce tableau :

- Relations dans le cadre de la mission de modélisation
- Relations dans le cadre de la mission d'exploitation
- Relation dans le cadre du projet dans sa globalité (somme des deux graphes précédents)

Les relations sont d'abord synthétisées sous forme de matrices d'adjacence sur Excel. Ces matrices sont ensuite reportées sur SoNV pour y être analysées et visualisées. Le traitement de ces données permet d'extraire quatre représentations graphiques de chaque graphe :

- Représentation brute, sans analyse
- Représentation comprenant les centralités de degrés (DC) des acteurs
- Représentation comprenant les centralités de proximité (CC) des acteurs
- Représentation comprenant les centralités d'intermédiation (BC) des acteurs

Par ailleurs SoNV nous permet également d'avoir accès à la densité de chaque graphe.

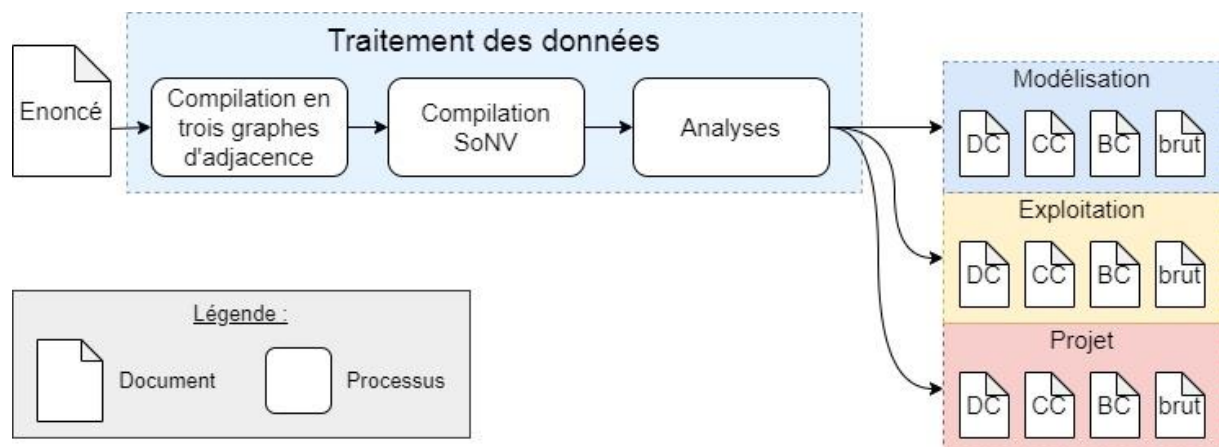


Figure 18 Workflow traitement des données de l'organisation prescrite

4.4.2.1 Leadership

Comme nous l'avons déjà signalé, les rapports personnels comportent des données relatives au leadership. Ces données sont disponibles pour chaque mission et pour chaque

phase déclarée par les élèves. Une analyse rapide des rapports personnels nous montre qu'un consensus semble établi dans l'équipe autour de la définition de ces phases (fig. 19). Elles sont au nombre de cinq :

- Initialisation du projet
- Protocole BIM
- Modélisation
- Exploitation
- Rendus finaux

| Missions | Semaine 1 | Semaine 2 | Semaine 3 | Semaine 4 | Semaine 5 | Semaine 6 | Semaine 7 | Semaine 8 | Semaine 9 | Semaine 10 | Semaine 11 | Semaine 12 |
|----------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| | 22/02 → 28/02 | 01/03 → 07/03 | 08/03 → 14/03 | 15/03 → 21/03 | 22/03 → 28/03 | 29/03 → 04/04 | 05/04 → 11/04 | 12/04 → 18/04 | 19/04 → 25/04 | 26/04 → 02/05 | 03/05 → 09/05 | 10/05 → 16/05 |
| [Initialisation du projet] | | | | | | | | | | | | |
| [Protocole BIM] | | | | | | | | | | | | |
| [Modélisation] | | | | | | | | | | | | |
| [Exploitation] | | | | | | | | | | | | |
| [Rendus finaux] | | | | | | | | | | | | |

Figure 5 : Calendrier des cinq grandes étapes

Figure 19 Calendrier des 5 phases (rapport personnel)

Le traitement des données de leadership consistera alors encoder les leaderships déclarés par les acteurs dans chacun de leurs groupes et pour chaque phase puis à effectuer des tris successifs pour faire ressortir ceux des leadership qui correspondent bien à une régularité de pouvoir d'un acteur sur l'ensemble de son groupe au sein d'une phase.

L'encodage se fait sous la forme de 40 matrices (8 missions sur 5 phases), reprenant le leadership. Ces matrices reprennent les déclarations de chaque membre du groupe quand au leadership dans le groupe au cours d'une phase donnée.

Envisageons par exemple une matrice hypothétique pour la phase X et les acteurs 1, 2 et 3, correspondant au groupe de modélisation structure. L'acteur déclarant est repris en ligne et l'acteur déclaré en colonne. Dans notre cas l'acteur 1 déclare que tous les membres du groupe ont eu un leadership décisionnel et que l'acteur 3 a eu en plus un leadership organisationnel. La matrice peut aussi se lire que l'acteur 1 a été déclaré leader décisionnel par lui-même et l'acteur 2.

| | | Déclaré | | |
|-----------|---|-------------|-------------------|---------------------|
| | | 1 | 2 | 3 |
| Déclarant | 1 | décisionnel | décisionnel | décisionnel + orga. |
| | 2 | décisionnel | émotionnel | |
| | 3 | | exécutant + déci. | organisationnel |

Figure 20 Exemple hypothétique de matrice A de compilation du leadership pour une phase et un groupe quelconque

Rappelons que le leadership tel que nous l'avons défini est une régularité dans les relations de pouvoir d'un acteur sur les autres de son groupe. C'est-à-dire qu'un acteur peut imposer les termes qui lui sont favorables dans les négociations au sein du groupe. Dans cette définition tous les acteurs d'un groupe ne peuvent être leaders à la fois. Notre premier tri consistera donc à retirer ce type d'occurrences.

| | 1 | 2 | 3 |
|---|-------------|-------------------|-----------------|
| 1 | | | organisationnel |
| 2 | décisionnel | émotionnel | |
| 3 | | exécutant + déci. | organisationnel |

Figure 21 Matrice A des leaderships après le premier tri

Le second tri à effectuer concerne les attributs « d'exécutant » ou de « suiveur ». Nous considérerons que ce type d'attribution ne correspond pas à un leadership. Par ailleurs, dans le cas où un autre leadership est déclaré, nous considérerons que cela correspond à une relation de pouvoir de l'acteur limitée dans le temps ou dans les thématiques et pas à une régularité des relations de pouvoir, donc pas à un leadership. Notre second tri consiste alors à exclure les déclarations de leadership comprenant les termes « exécutant », « suiveur » ou « passif ».

| | 1 | 2 | 3 |
|---|-------------|------------|-----------------|
| 1 | | | organisationnel |
| 2 | décisionnel | émotionnel | |
| 3 | | | organisationnel |

Figure 22 Matrice A des leaderships après le second tri

Les leaderships attribués à chaque acteur sont alors comptés. Si un acteur possède un nombre d'attribution de leadership strictement supérieur aux autres acteurs du groupe il est considéré comme ayant eu un leadership sur le groupe au cours de la phase.

Dans notre exemple c'est l'acteur 3 qui cumule deux attributions de leadership tandis que les acteurs 1 et 2 n'en cumulent qu'un seul. Pour notre analyse et dans notre définition du leadership c'est donc l'acteur 3 qui sera considéré comme ayant le leadership dans le groupe pour cette phase

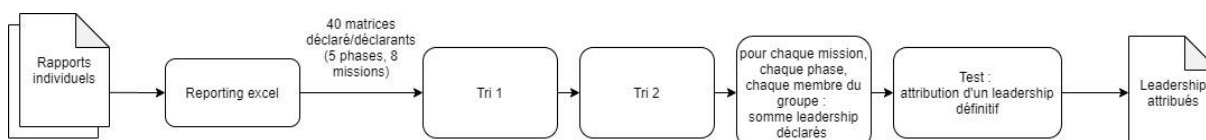


Figure 23 Synthèse du workflow pour l'attribution des leaderships

Par ailleurs, grâce à la compilation des attributions de leadership par les acteurs, nous pouvons constater qu'un consensus semble également créé autour du terme de leadership. En effet trois termes sont très majoritaires dans sa description : le leadership est soit « décisionnel », soit « organisationnel », soit « émotionnel ». Le terme de « leader » apparaît également deux fois. D'autres termes sont également utilisés pour noter l'absence de leadership, très majoritairement ce d'« exécutant » et de manière moins répandue « suiveur » et « passif ».

Enfin, nous avons effectué une vérification des résultats de ce traitement de données par comparaison avec le contenu des rapports personnels. Aucune anomalie n'a été détectée.

4.4.3 Données issues de l'enquête

Les données issues de l'enquête nous sont parvenues sous forme de onze feuilles Excel. Après une phase de compilation, celles-ci seront traitées différemment selon les questions. Les questions relatives aux relations des acteurs avec leur environnement seront traitées par

une méthodologie simple. Les questions relatives aux interactions à l'intérieur du groupe feront l'objet d'un traitement par la SNA.

4.4.3.1 Compilation

La compilation des données se fait manuellement. Les réponses présentes sous forme de colonnes sont insérées dans le tableau de compilation formant ainsi des matrices.

Par exemple, dans la figure 24 reprenant les réponses compilées à la question « Quelles relations avez-vous avec les membres du groupe vert ? », « Avant SDC BIM j'ai déjà travaillé avec », nous pouvons lire que l'acteur 7 déclare avoir déjà travaillé avec l'acteur D de l'autre équipe.

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|
| A | 1 | | 1 | | 1 | | | | 1 | | 1 |
| B | | 1 | | 1 | | | | | | | |
| C | | | | 1 | | | | | | | |
| D | 1 | 1 | 1 | | | | 1 | | | 1 | |
| E | 1 | | 1 | | 1 | | | | | | 1 |
| F | | | | 1 | | | | 1 | 1 | 1 | |
| G | 1 | | 1 | | 1 | | 1 | | | | |
| H | 1 | 1 | 1 | | 1 | 1 | | | | | 1 |
| I | 1 | 1 | 1 | | | 1 | | | | | |
| J | | 1 | 1 | | | 1 | 1 | | 1 | | 1 |

Figure 24 Exemples des réponses compilées de la question 1.2.1

Remarque : les acteurs de l'autre équipe participant à SDC BIM seront nommés par dix lettres, allant de A à J.

4.4.3.2 Question 1.2

La question concerne les relations de l'équipe étudiée avec l'autre équipe du SDC BIM. « Quelles relations avez-vous avec les membres de l'autre équipe de projet? »

La question est elle-même subdivisée en trois sous-questions

- « Avant SDC BIM, j'ai déjà travaillé avec »
- « Je travaillais sur un autre projet en parallèle de SDC BIM avec »
- J'ai eu l'occasion d'échanger sur un point technique de SDCBIM avec

Cette dernière sous-question est elle-même divisée en deux parties permettant de prendre en compte la fréquence d'échange :

- « Une ou peu de fois, de façon ponctuelle »
- « Plusieurs fois, de manière suivie au cours d'une ou plusieurs phase du projet »

Les réponses à la question 1.2, une fois compilées se présentent donc sous forme de quatre matrices de dimension 11x10. Ces matrices seront notées $A_{1.2.1}$, $A_{1.2.2}$, $A_{1.2.3.1}$, $A_{1.2.3.2}$, suivant la nomenclature donnée aux questions.

Les deux premières sous-questions feront l'objet d'un traitement simple. Les réponses qui sont données peuvent faire l'objet d'une exploitation directe. Par ailleurs le nombre de

relations déclarées pour chaque acteur de l'équipe étudiée constitue une donnée permettant de comprendre quels acteurs sont les plus liés à la seconde équipe.

La troisième sous-question fera l'objet d'un traitement similaire. Cependant, pour prendre en compte la fréquence nous choisirons d'associer chaque fréquence à un coefficient et de sommer les deux matrices. Les coefficients sont choisis de manière arbitraire, la fréquence faible est associée à un coefficient 1, la fréquence plus forte à un coefficient 2. Nous avons donc :

$$1.A_{1.2.3.1} + 2.A_{1.2.3.2} = B_{1.2.3}$$

Cette matrice $B_{1.2.3}$ correspond donc aux échanges, pondérés en fréquence, des membres de l'équipe étudiée avec l'autre équipe. Une relation plus forte sera traduite par un poids plus important, c'est-à-dire un nombre plus grand dans la matrice. De la même manière que pour les sous-questions précédentes, cette matrice peut être une donnée utile en soi. Les relations pour chaque acteur du groupe sont sommées pour permettre de déterminer qui au sein de l'équipe a eu le plus de contact avec l'autre équipe.

4.4.3.3 Question 1.3

La question 1.3 : « Avez-vous eu des contacts relatifs à SDCBIM en dehors des personnes directement impliquées dans le projet ? Si oui pouvez vous décrire cette interaction ? », est destinée à repérer d'éventuels échanges avec des acteurs extérieurs à l'exercice.

Les réponses données seront compilées et résumées. Les informations retenues dans le résumé seront l'interlocuteur et le sujet abordé.

4.4.3.4 Questions 2.1 et 2.2

Pour rappel les questions correspondent aux demandes :

- 2.1 « Avec quels membres du groupe aviez-vous déjà travaillé sur des projets ? »
- 2.2 « Avez-vous travaillé avec des membres du groupe sur d'autres projets en parallèle de SDC ? »

Les réponses deux questions feront l'objet d'un traitement comparable impliquant une analyse de réseaux sociaux.

La compilation des réponses fournit deux matrices $A_{2.1}$ et $A_{2.2}$, de dimension 11x11.

Les relations décrites sont des relations réciproques : si acteur A a déjà travaillé avec un acteur B, alors B a déjà travaillé avec A. Les graphes permettant de décrire ces relations seront donc non orientés et leur matrice d'adjacence doit être symétrique.

Un examen rapide de ces réponses nous montre que certaines réponses diffèrent suivant les acteurs, par exemple l'acteur 3 déclare avoir travaillé avec l'acteur 7 mais l'acteur ne déclare pas avoir travaillé avec l'acteur 3.

Pour créer un graphe décrivant ces deux relations nous devons donc d'abord rendre symétriques les matrices obtenues $A_{2.1}$ et $A_{2.2}$ par la compilation des réponses. Pour ce faire nous effectuerons les opérations suivantes (Avec A^t la transposée de la matrice A) :

$$\begin{aligned}(A_{2.1} + A_{2.1}^t).0,5 &= B_{2.1} \\ (A_{2.2} + A_{2.2}^t).0,5 &= B_{2.2}\end{aligned}$$

Les matrices $B_{2.1}$ et $B_{2.2}$ sont alors des matrices symétriques et nous décrivent un graphe non orienté. Les arrêtes de ce graphe sont pondérées. Leur poids peut être de 1, auquel cas les deux acteurs ont déclaré la même relation, ou de 0,5, un seul acteur a déclaré la relation.

Concrètement une déclaration de relation unilatérale sera moins prise en compte dans les analyses faites sur le graphe.

Les matrices d'adjacences B peuvent alors être implémentées sur SoNV (exemple figure 25) et faire l'objet des trois analyses de centralité déjà mentionnées : centralité de degrés (DC), de proximité (CC) et d'intermédierité (BC).

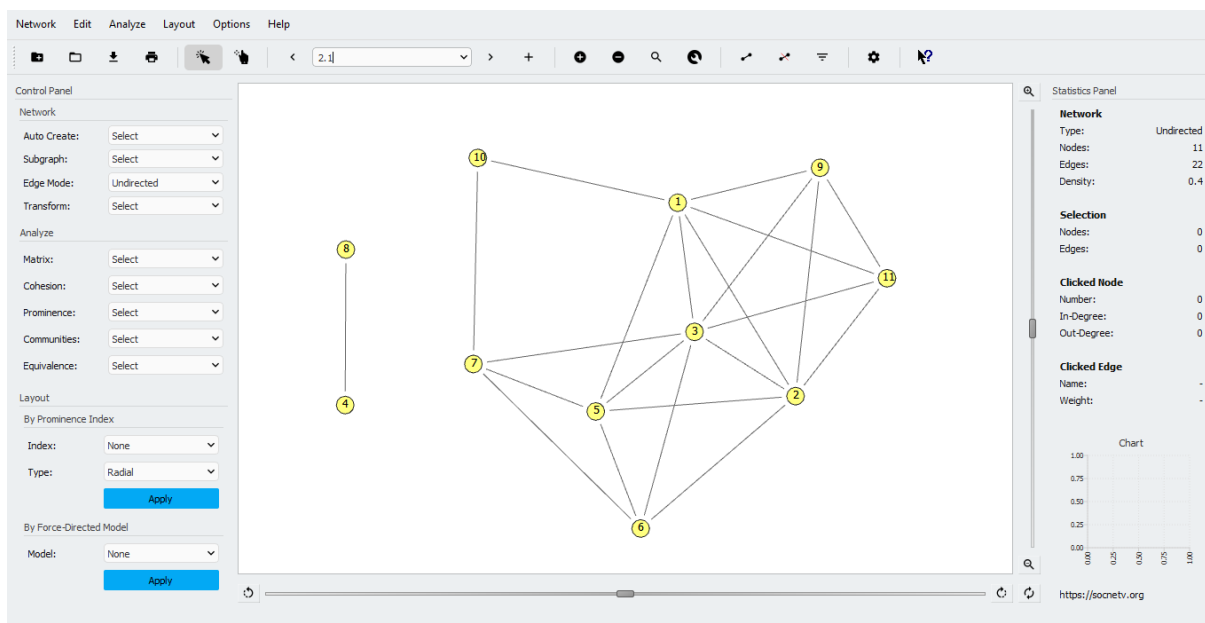


Figure 25 Exemple du graphe 2.1, avant analyse, dans l'interface de SoNV

4.4.3.5 Questions 2.3

Pour rappel la question 2.3 correspond à la demande : « Avec qui avez-vous eu l'occasion d'aborder des aspects du projet de manière informelle, en dehors des lieux et temps dédiés au travail? »

De plus, la question se décompose en deux réponses suivant la fréquence. La compilation de ces réponses nous fournit deux matrices de dimension 11x11 : $A_{2.3.1}$, $A_{2.3.2}$.

Ces matrices vont subir dans un premier temps le même traitement que la question 1.2.3 permettant de rassembler avec une pondération les matrices $A_{2.3.1}$, $A_{2.3.2}$:

$$1. A_{2.3.1} + 2. A_{2.3.2} = B_{2.3}$$

Les matrices ainsi obtenues passeront ensuite par la même opération que pour les questions 2.1 et 2.2, les rendant symétriques.

$$(B_{2.3} + B_{2.3}^t).0,5 = C_{2.3}$$

La matrice $C_{2.3}$ est alors une matrice symétrique décrivant relations d'échanges informels d'informations lors du projet. Les arrêtes de cette matrice sont pondérées par la fréquence d'échange et la nature unilatérale ou bilatérale de la déclaration de la relation. La pondération finale s'étale sur une échelle allant de 0 à 2 par pas de 0,5. Une relation pondérée par deux, par exemple, signifie que les deux acteurs déclarent avoir eu des échanges informels suivis pendant le projet.

La matrice $C_{2.3}$ peut alors être implémentée dans SoNV et faire l'objet des trois analyses de centralité (fig. 26).

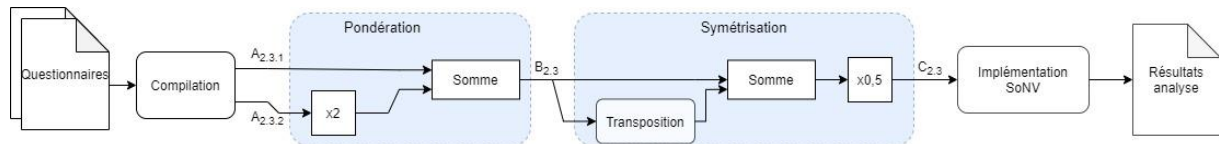


Figure 26 Workflow du calcul de la matrice d'adjacence C2.3

Par ailleurs nous souhaitons savoir la part des relations qui ont pris place en dehors de celles prévues par l'organisation prescrite. Pour cela, nous effectuons une opération visant à exclure de la matrice $C_{2.3}$ toutes les relations prévues par l'organigramme.

Soit O la matrice d'adjacence décrivant les relations « A partage une mission avec B », appliquée donc aux deux missions du projet. Alors l'opération d'exclusion des relations de l'organisation prescrite correspond à la procédure de création d'une matrice $D_{2.3}$ telle que :

Pour tout (i,j) compris entre 1 et 11 ;
 Si $O(i,j)=0$; $D_{2.3}(i,j)=C_{2.3}(i,j)$
 Sinon ; $D_{2.3}(i,j)=0$

Pour les deux matrices, $C_{2.3}$ et $D_{2.3}$, une somme est faite sur chacune de leurs colonnes. Cette opération revient à déterminer la centralité de degrés de leurs nœuds. Nous obtenons ainsi les centralités de degrés pour chaque acteur et pour les deux matrices, $DC(C_{2.3})$ et $DC(D_{2.3})$. En faisant le rapport de ces deux centralités nous obtenons donc, pour chaque acteur, la part de relations créées en dehors des groupes de mission sur le total des relations.

4.4.3.6 Question 2.4

Pour rappel, la question 2.4 correspond à la demande : « Avec qui avez-vous communiqué à propos de SDCBIM pendant l'exercice, de manière formelle (réunion prévue, conversation dédiées...) et en dehors de vos groupes de modélisation et d'exploitation? »

La compilation des réponses suivant la fréquence nous fournit deux matrices de dimension 11×11 : $A_{2.4.1}$, $A_{2.4.2}$. La procédure de traitement des réponses à la question 2.4 va suivre globalement le même schéma que la question 2.3.

$$\begin{aligned} 1. A_{2.4.1} + 2. A_{2.4.2} &= B_{2.4} \\ (B_{2.4} + B_{2.4}^t) \cdot 0,5 &= C_{2.4} \end{aligned}$$

La matrice $C_{2.4}$ ainsi obtenue est bien une matrice symétrique. Le graphe qu'elle décrit est non-orienté et ses arrêtes sont pondérées selon la même échelle que celle de la matrice d'adjacence $C_{2.4}$.

Cependant, la question prévoit que les réponses excluent les relations à l'intérieur des groupes de modélisation et d'exploitation. Un rapide examen des réponses nous montre que certains élèves n'ont pas suivi cette consigne. Les relations effectuées dans le cadre des groupes de missions sont donc partiellement incluses dans $C_{2.4}$. Dans un premier temps nous appliquerons donc la même méthode d'exclusion qui nous a permit d'obtenir la matrice $D_{2.3}$.

Pour tout (i,j) compris entre 1 et 11 ;
 Si $O(i,j)=0$; $D_{2.4}(i,j)=C_{2.4}(i,j)$
 Sinon ; $D_{2.4}(i,j)=0$

Toujours en suivant les méthodes explicitées pour la question 2.3 nous obtenons $DC(C_{2.4})$ et $DC(D_{2.4})$ et calculons leur rapport.

Pour pouvoir obtenir un graphe $E_{2.4}$ nous permettant de décrire les communications formelles lors du projet nous devons compléter le graphe $D_{2.4}$. Pour cela nous ferons l'hypothèse que tout acteur a eu des relations formelles suivies lors de l'exercice avec les acteurs partageant une de ses missions. Ces relations ajoutées correspondent dans l'échelle de pondération de $D_{2.4}$ à une pondération de 2 puisqu'elles sont fréquentes et réciproquement « déclarées ». L'intégration de ces relations correspond alors à l'opération :

$$D_{2.4} + 2.O = E_{2.4}$$

Cette matrice d'adjacence $E_{2.4}$ sera implémentée dans SoNV et fera l'objet des trois analyses de centralité.

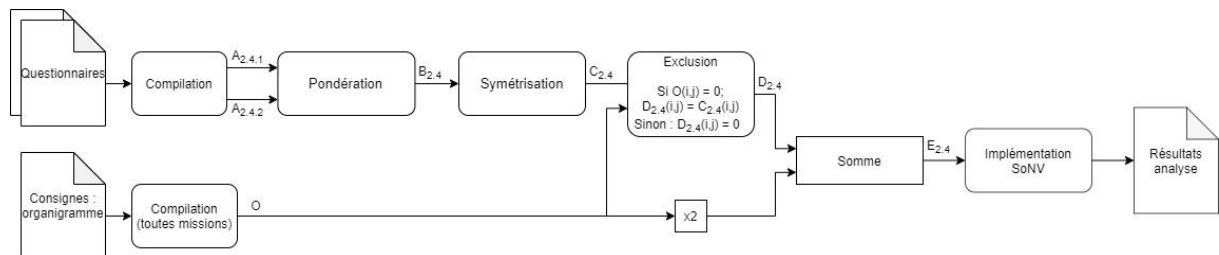


Figure 27 Workflow du calcul de la matrice d'adjacence $E_{2.4}$

5 Résultats

Après avoir récolté et traité les données nécessaires à notre analyse, nous disposons d'un certain nombre de résultats que nous exposerons dans ce chapitre. Par ailleurs, une partie des données qualitatives sur la mise en place et le déroulement du projet ont déjà été exposées dans le cadre de la description du terrain d'étude.

5.1 Organigramme :

A partir des données issues de l'énoncé de l'exercice sur la répartition des acteurs dans les groupes de missions, nous pouvons extraire trois graphes correspondants aux missions de modélisation (O_m) et d'exploitation (O_e) ainsi qu'à l'addition de ces deux graphes (O). Un quatrième graphe faisant apparaître les groupes de modélisation et le groupe de coordinateur (O_{mc}) viendra compléter ces résultats. Le choix de ce dernier graphe sera argumenté lors de la discussion.

L'analyse des centralités de degrés et d'intermédiarité, ainsi que la densité des graphes seront présentées pour ces quatre graphes. La plupart de ceux-ci étant disjoints, le calcul des centralités de proximité est impossible. De même, les centralités d'intermédiarité ne sont pas calculables pour les graphes correspondant aux missions de modélisation et d'exploitations seules.

Mission de modélisation, O_m :

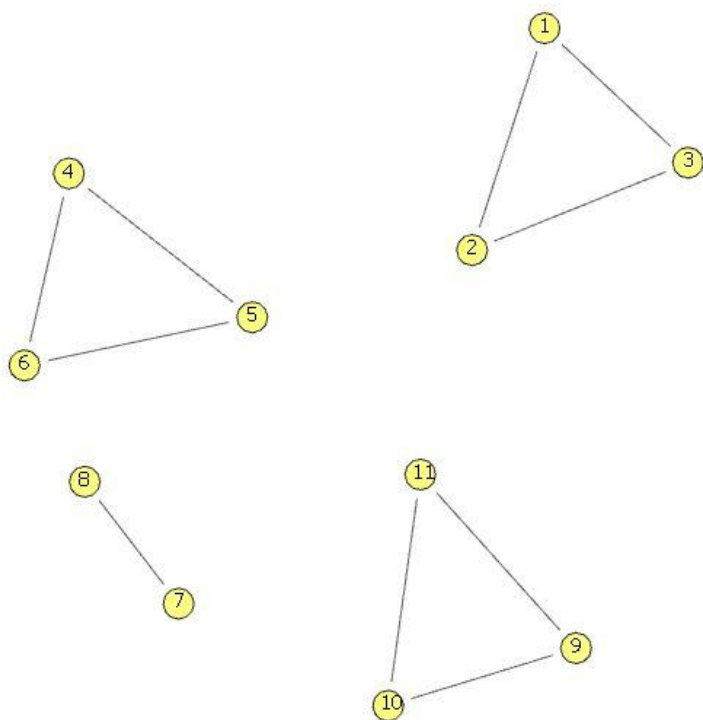


Figure 28 Graphe Om brut

Dans ce graphe les acteurs forment quatre groupes disjoints.

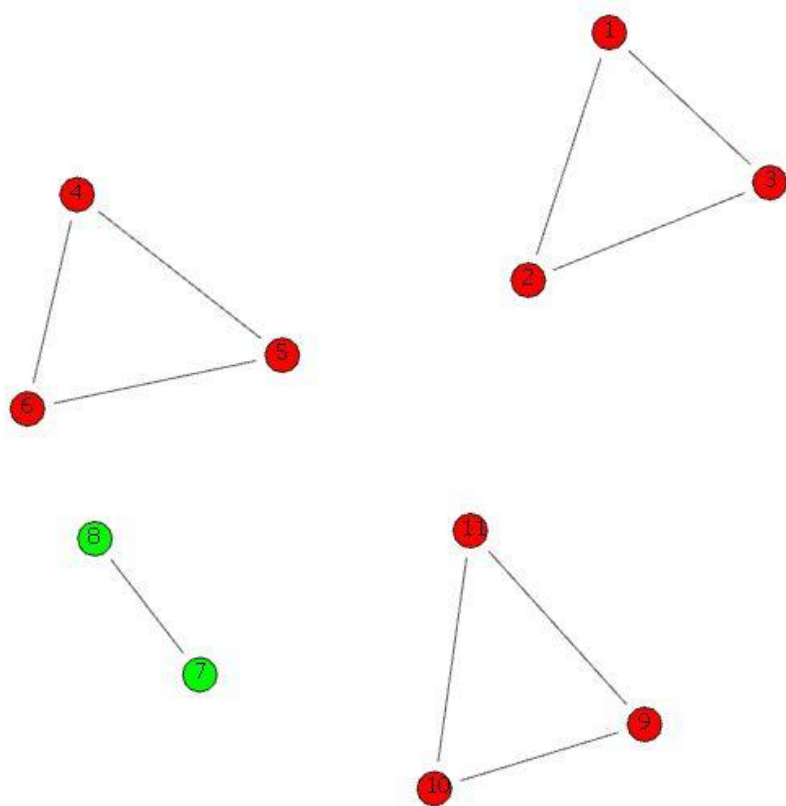


Figure 29 Graphe Om, analyse DC, échelle de couleur

L'analyse des centralités de degrés fait ressortir une certaine homogénéité dans l'équipe. Seuls les acteurs 7 et 8 se distinguent par une centralité plus basse due à leur groupe de deux.

Mission d'exploitation, O_e :

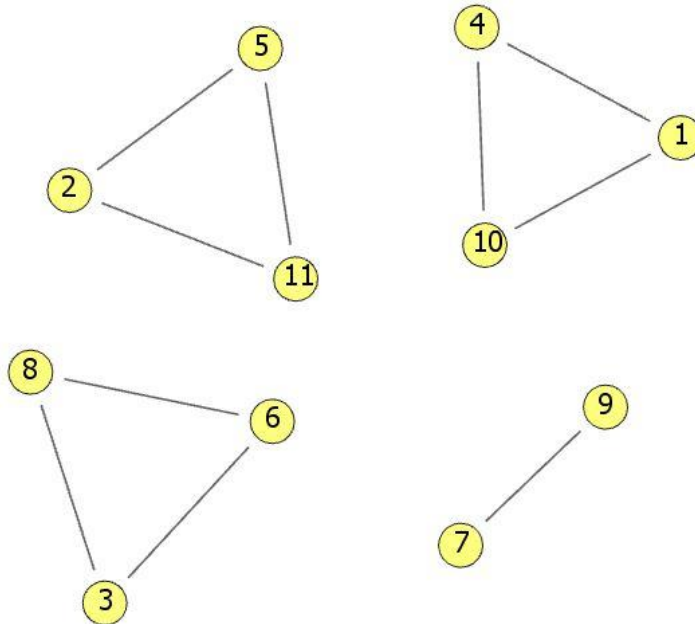


Figure 30 Graphe Oe brut

Le graphe décrivant les groupes d'exploitation reprend le même schéma que pour les missions de modélisation, seul la place la composition des groupes change.

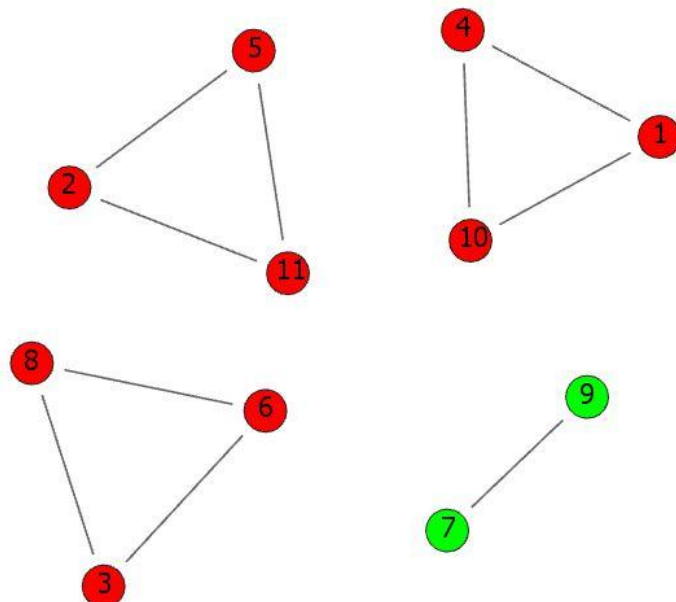


Figure 31 Graphe Oe, analyse DC, échelle de couleur

Cette fois ce sont les acteurs 7 et 9 qui se détachent par leur plus faible centralité de degrés.

Projet, O :

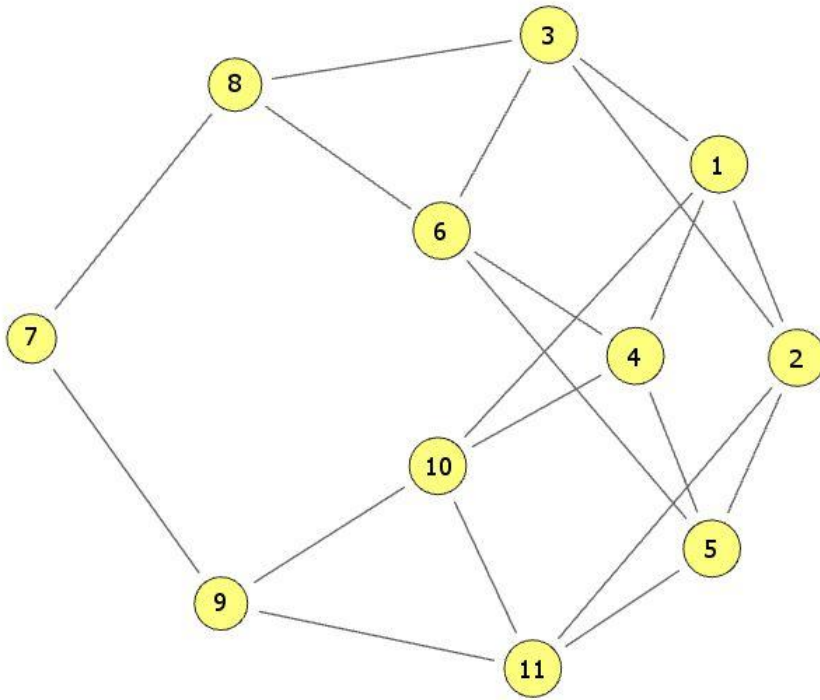


Figure 32 Graphe O brut

Le graphe donné par l'addition des deux graphes précédents relie tous les acteurs entre eux, une analyse de la centralité d'intermédiation est donc possible.

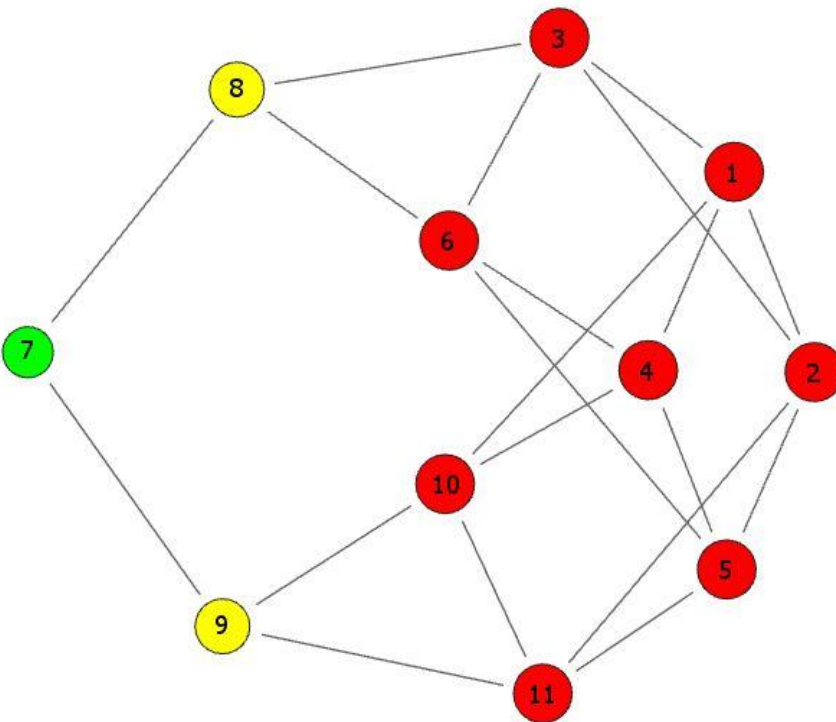


Figure 33 Graphe O, analyse DC, échelle de couleur

L'analyse des centralités de degrés montre qu'une partie de l'équipe est homogène de ce point de vue. Les acteurs 8 et 9 se caractérisent par une centralité plus faible, l'acteur 7 présente la centralité de degrés minimum dans le groupe.

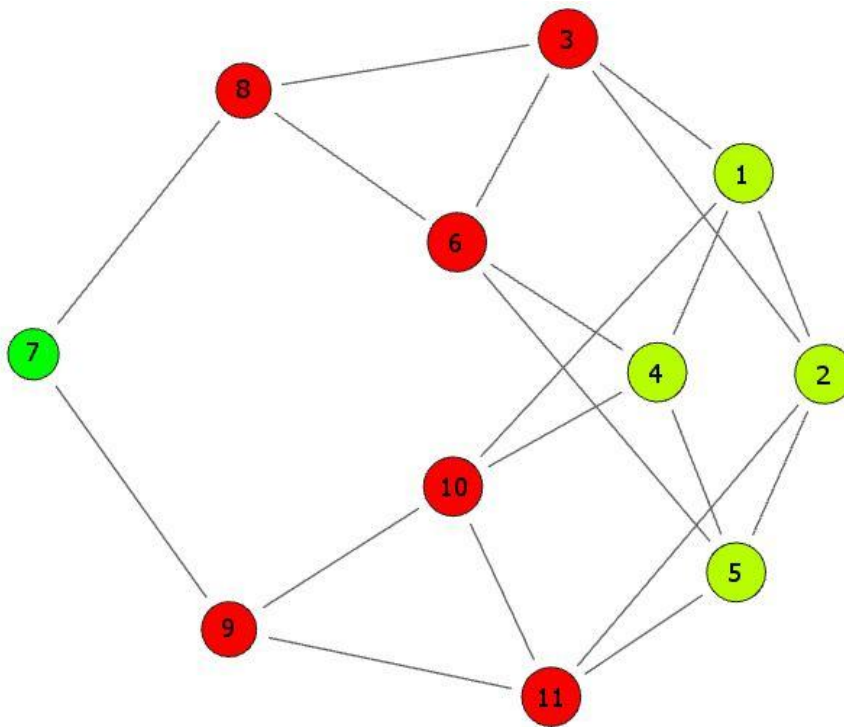


Figure 34 Graphe O, analyse BC, échelle de couleur

L'analyse de la centralité d'intermédiation montre trois cas de figure. Les acteurs 3, 6, 8, 9, 10 et 11 ont la centralité d'intermédiation maximale. L'acteur 7 quant à lui représente encore une fois la centralité minimale. Enfin, les acteurs 1, 2, 4 et 5 sont représentés un entre deux, ils sont des points de passage de l'information entre certains acteurs, mais moins que ceux du premier cas.

Mission modélisation + coordination, O_{mc} :

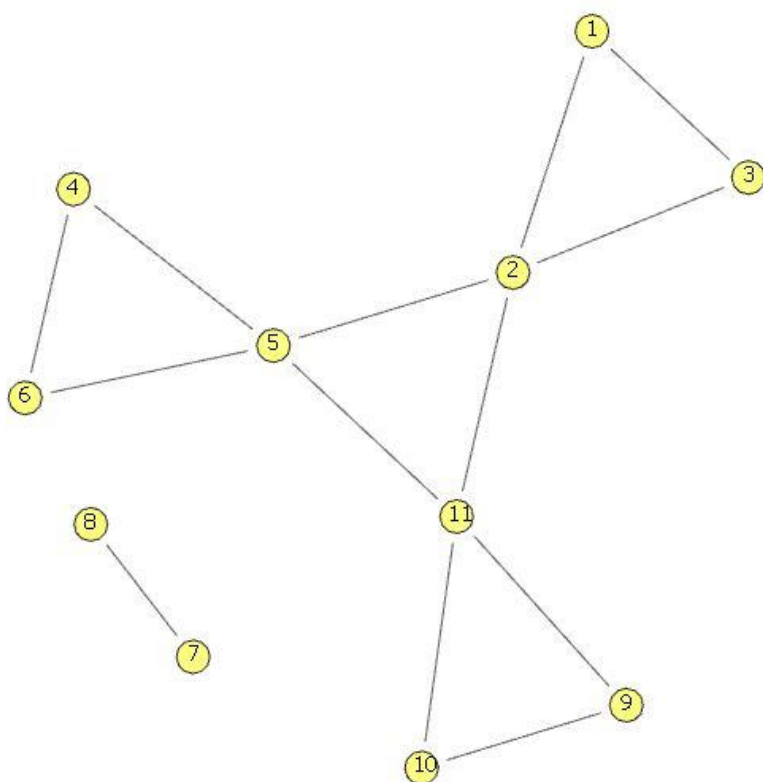


Figure 35 Graphe Omc brut

Dans ce graphe représentant à la fois les groupes de modélisation et le groupe de coordinateurs, le groupe formé par les acteurs 7 et 8 reste isolé, tous les autres acteurs sont en revanches reliés.

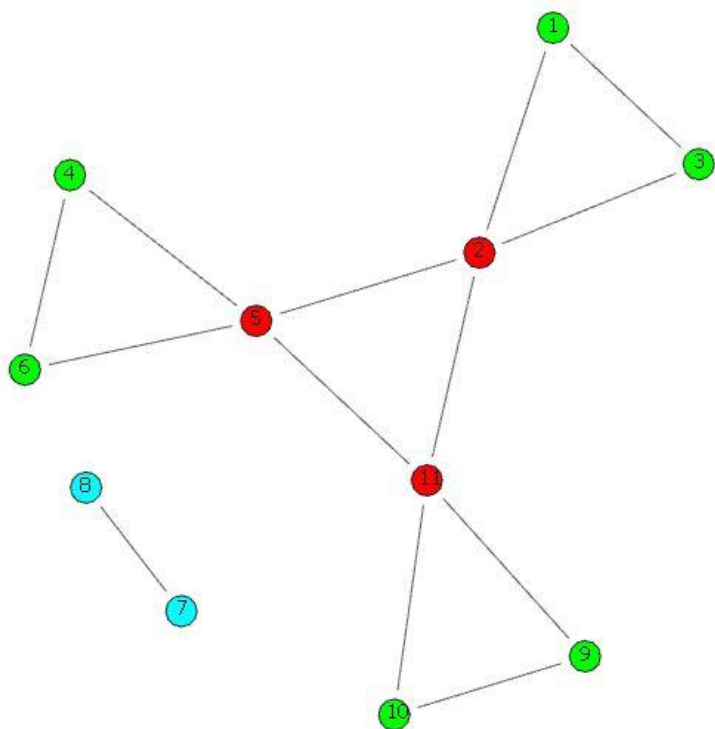


Figure 36 Graphe Omc, analyse DC, échelle de couleur

L'analyse des centralités de degrés fait encore apparaître trois cas de figure. Ce sont les acteurs du groupe de coordination (2, 5 et 11) qui possèdent le plus de relations dans l'équipe. Les acteurs 7 et 8 représentent encore une fois le minimum de centralité de degrés. Les six acteurs restants possèdent la même centralité.

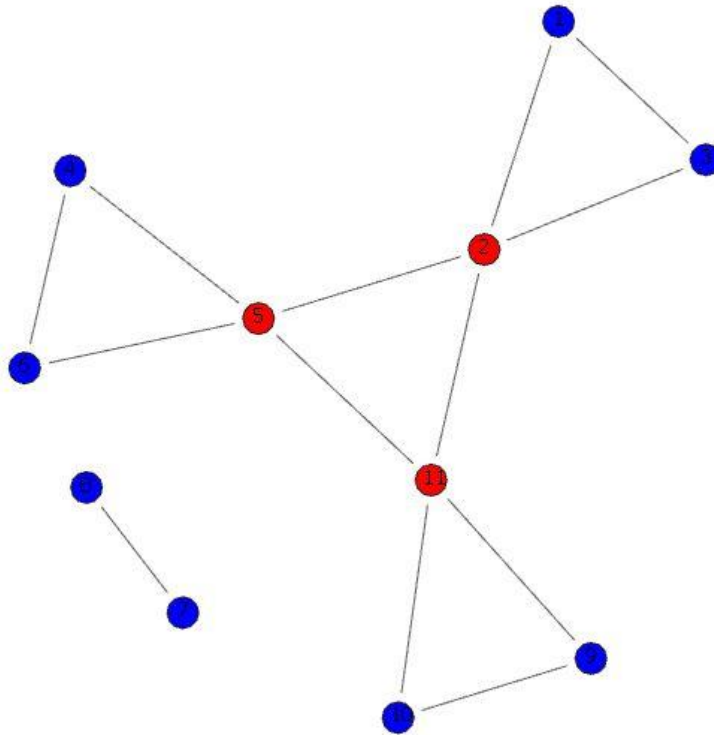


Figure 37 Graphe Omc, analyse BC, échelle de couleur

L'analyse des centralités de proximité montre que seuls les acteurs du groupe de coordination se détachent dans l'équipe par une centralité plus forte. Dans cette configuration, ils sont des points de passage entre les acteurs.

5.2 Leadership

Le traitement des données issues des rapports personnels nous a permis de déterminer les leaderships, au sens d'une régularité de pouvoir d'un acteur dans ses relations avec un groupe. Ces leaderships sont donnés pour chaque phase et pour chaque groupe de mission.

Pour rappel les cinq phases correspondent aux phases identifiées par les acteurs eux-mêmes dans leurs rapports et correspondent à :

1. Initialisation du projet
2. Protocole BIM
3. Modélisation
4. Exploitation
5. Rendus finaux

Par définition les groupes de modélisations n'effectuent pas d'actions pour la phase d'exploitation et les groupes d'exploitations pas de tâches pour la phase de modélisation. Les acteurs n'ont donc pas déclaré de leadership pour ces deux configurations.

Tableau 2 Synthèse des leaderships

| | phase | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--------------|-------|---|----|---|---|---|
| | | | | | | |
| Modélisation | ST | 2 | | 2 | | |
| | EN | 5 | 5 | 5 | | 5 |
| | PI | | | | | |
| | FL | 9 | 11 | | | |
| Exploitation | CO | 5 | | | | 5 |
| | DE | | | | | |
| | FM | 9 | 9 | | | |
| | PL | | | | | |

Quatre acteurs apparaissent comme ayant un leadership au sein de leurs groupes. L'acteur 2 exerce un leadership sur le groupe de modélisation structure pour les phases 1 et 2. L'acteur 5 exerce un leadership pendant tout l'exercice sur le groupe de modélisation enveloppe ainsi que sur le groupe de coordinateur en phase 1 et 5. L'acteur 9 possède un leadership sur le groupe de modélisation fluide pour la phase 1 et sur le groupe d'exploitation facility manager sur les phases une et deux. Enfin l'acteur 11 exerce un leadership sur le groupe de modélisation fluide pendant la phase 2, juste après le leadership de l'acteur 9.

Les groupes de modélisation fluides et d'exploitation deviseur et planificateurs ne semblent pas avoir vu émerger de leadership au cours du projet. Aucun leadership n'apparaît en phase 4 (exploitation), y compris dans les groupes d'exploitation. Pendant la phase 5, seul l'acteur 5 exerce un leadership dans ses deux groupes respectifs.

5.3 Relation à la seconde équipe

La compilation et la somme des réponses pour les questions 1.2.1, 1.2.2 et 1.2.3 permet de dresser un tableau des relations de l'équipe étudiée avec l'autre équipe de projet du SDC BIM.

Pour les questions 1.2.1 et 1.2.2, les sommes correspondent au nombre de relations décrites. Pour rappel, la question 1.2.1 permet de décrire des relations de type « a déjà travaillé avec » et la question 1.2.2 des relations de type « travaillait avec sur un projet en parallèle de SDC BIM ».

Les résultats issus de la question 1.2.3 sont issus d'une pondération des échanges déclarés par les acteurs de l'équipe avec les acteurs de l'autre équipe de projet. Les valeurs doivent donc surtout être comprises comme un moyen de classer les acteurs par leur niveau d'interaction avec leurs camarades.

Tableau 3 Synthèse des résultats de la question 1.2

| Acteurs | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|---------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|
| 1.2.1 | 6 | 5 | 7 | 3 | 4 | 3 | 3 | 1 | 3 | 2 | 4 |
| 1.2.2 | 3 | 3 | 2 | 1 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 |
| 1.2.3 | 5 | 2 | 4 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 1 | 7 |

L'acteur 3 est celui aillant travaillé avec le plus de membres de l'autre équipe. A l'inverse l'acteur 8 est celui aillant le moins eu ce type de relations.

Les différences sont moins marquées en ce qui concerne les relations de travail en parallèle de SDC BIM. L'acteur 5 présente le plus grand nombre de ces relations. Les acteurs 4 et 8 sont ceux en aillant le moins.

L'acteur 11 se détache comme celui aillant eu le plus d'échanges concernant SDC BIM avec la seconde équipe. Les acteurs 6, 9 et 10 n'ont eu qu'une relation de ce type durant le projet.

Dans le détail, nous remarquerons que les deux seuls acteurs à déclarer des échanges suivis avec des acteurs du second groupe sont les acteurs 5 et 11, faisant partie du groupe de coordination.

5.4 Relations hors du cadre de SDC BIM

La question 1.3 nous permet de repérer certains échanges d'informations effectués hors du cadre de SDC BIM. Quatre échanges d'informations ont été détectés mais ne semblent pas avoir ont eu d'influence directe sur le déroulement du projet.

Tableau 4 Synthèse des échange hors du cadre de SDC BIM

| Acteur | Contact | Sujet |
|--------|---------------------------------|--|
| 4 | étudiant M2 ULG | retour d'expérience |
| 5 | étudiants IMT Alès | recupération de documentation |
| 5 | étudiant M2 ULG | retour d'expérience en vue du choix de plateforme de collaboration BIM |
| 8 | anciens ULG, concepteurs projet | précisions sur le projet |

5.5 Relations à l'intérieur de l'équipe

5.5.1 Graphes question 2.1 « avec qui avez-vous déjà travaillé ? »

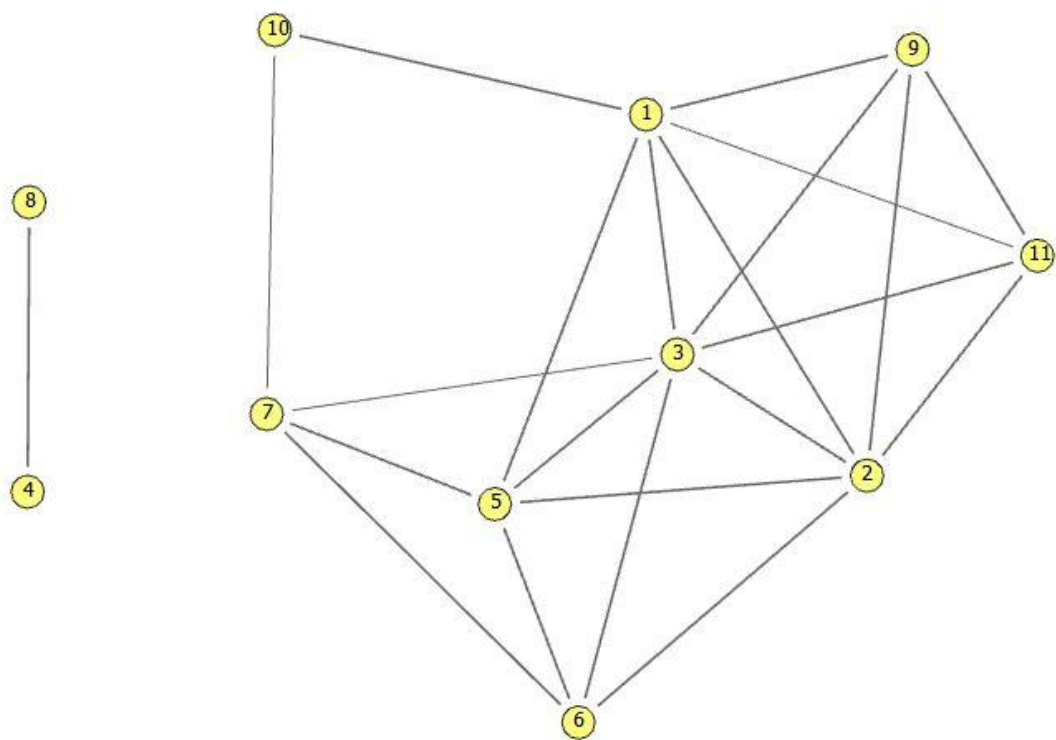


Figure 38 Graphe B_{2,1} brut

Tous les acteurs ont au moins travaillé avec un autre acteur du groupe avant le projet. Les acteurs 4 et 8 ont déjà travaillé ensemble mais forment un groupe disjoint du reste de l'équipe. La densité du graphe est de 0,4.

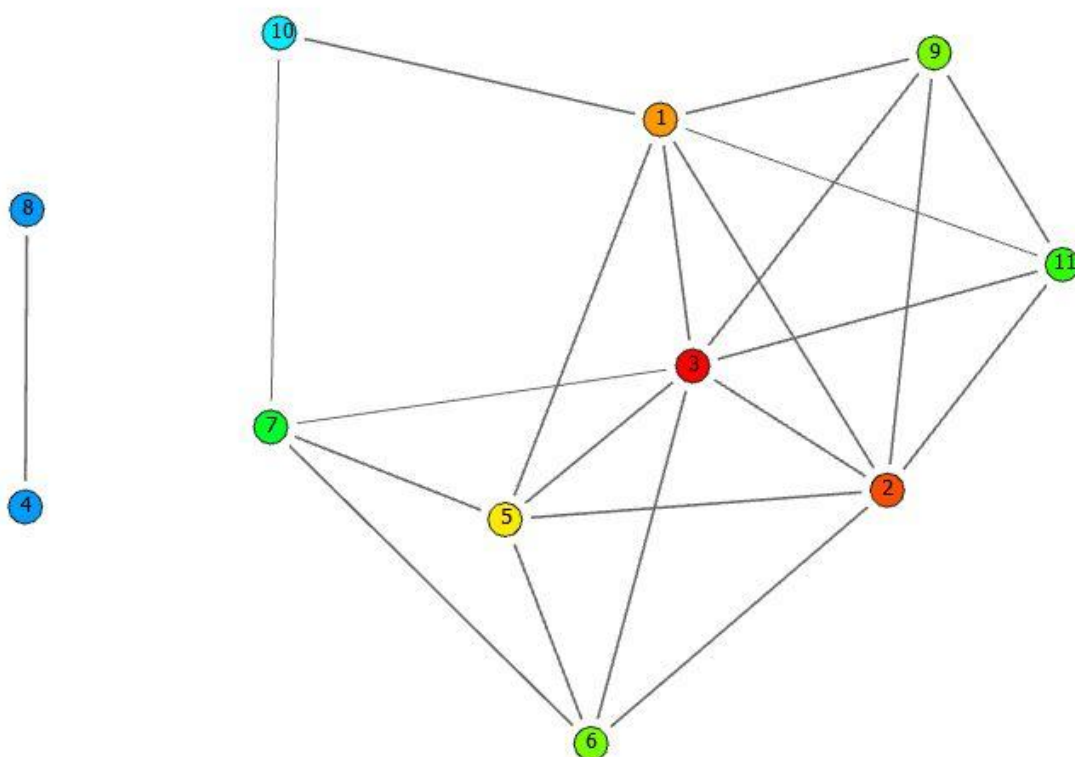


Figure 39 Graphe B_{2.1}, analyse DC, échelle de couleur

L'analyse des centralités de degrés montre que l'acteur trois est celui ayant déjà travaillé avec le plus d'acteurs de l'équipe. Il est suivi des acteurs 2, 1 et 5. L'acteur 10 et surtout les acteurs 8 et 4 sont ceux ayant le moins travaillé avec les autres membres de l'équipe avant le projet.

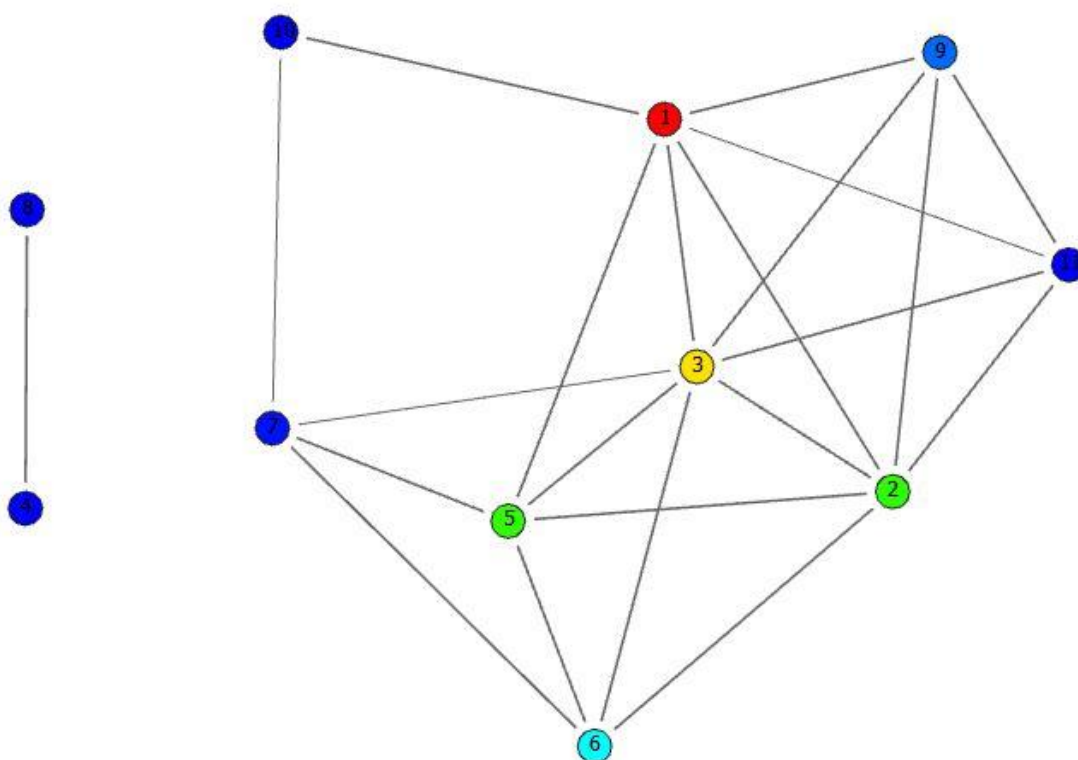


Figure 40 Graphe B_{2.1}, analyse BC, échelle de couleur

L'analyse des centralités d'intermédiation montre que l'acteur 1 possède la plus forte centralité suivi de l'acteur 3 et des acteurs 5 et 2. Les acteurs 4, 8, 7, 9, 10 et 11 possèdent des centralités d'intermédiation comparables.

5.5.2 Graphe qu 2.2 « avec qui travaillez vous en parallèle de SDC ? »

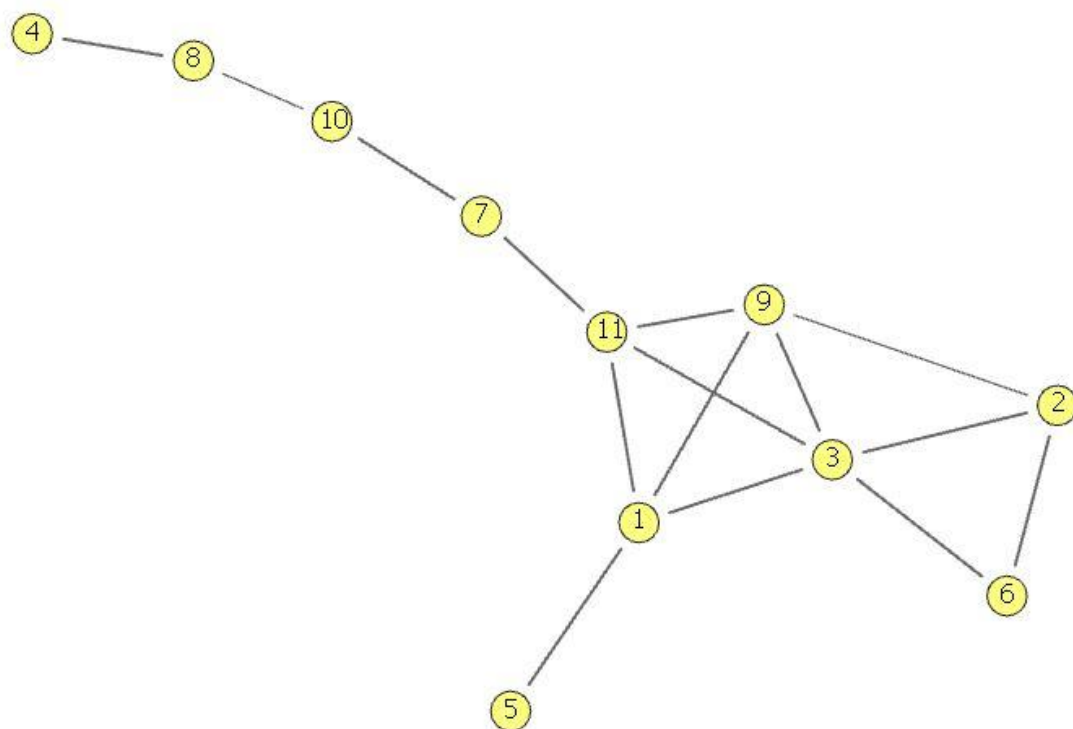


Figure 41 Graphe B_{2.2}, brut

Le graphe B_{2.2} montre que tous les acteurs ont travaillé en parallèle de SDC BIM avec au moins un autre acteur de l'équipe. La densité du graphe est de 0,27.

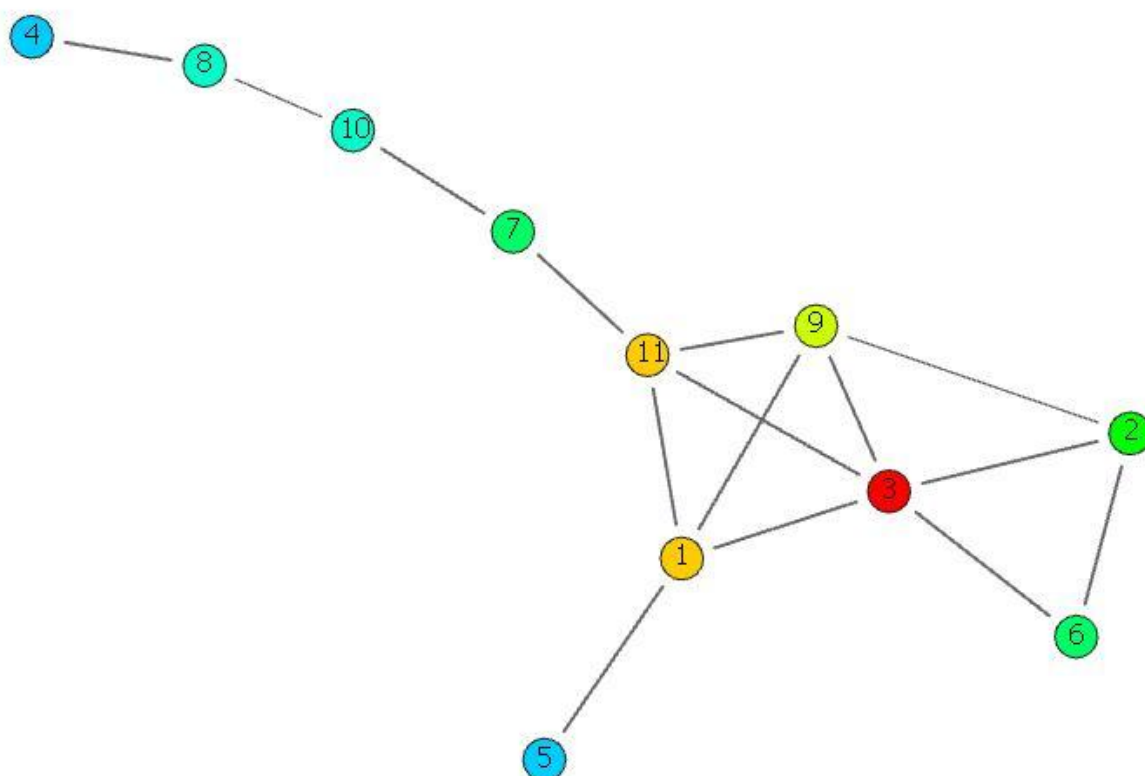


Figure 42 Graphe B_{2.2}, analyse DC, échelle de couleur

L'analyse des centralités de degrés pour le graphe B_{2.2} fait ressortir l'acteur 3 comme celui ayant eu le plus de relations de travail sur des projets en parallèle de SDC BIM. À l'inverse les acteurs 4 et 5 sont ceux en ayant le moins.

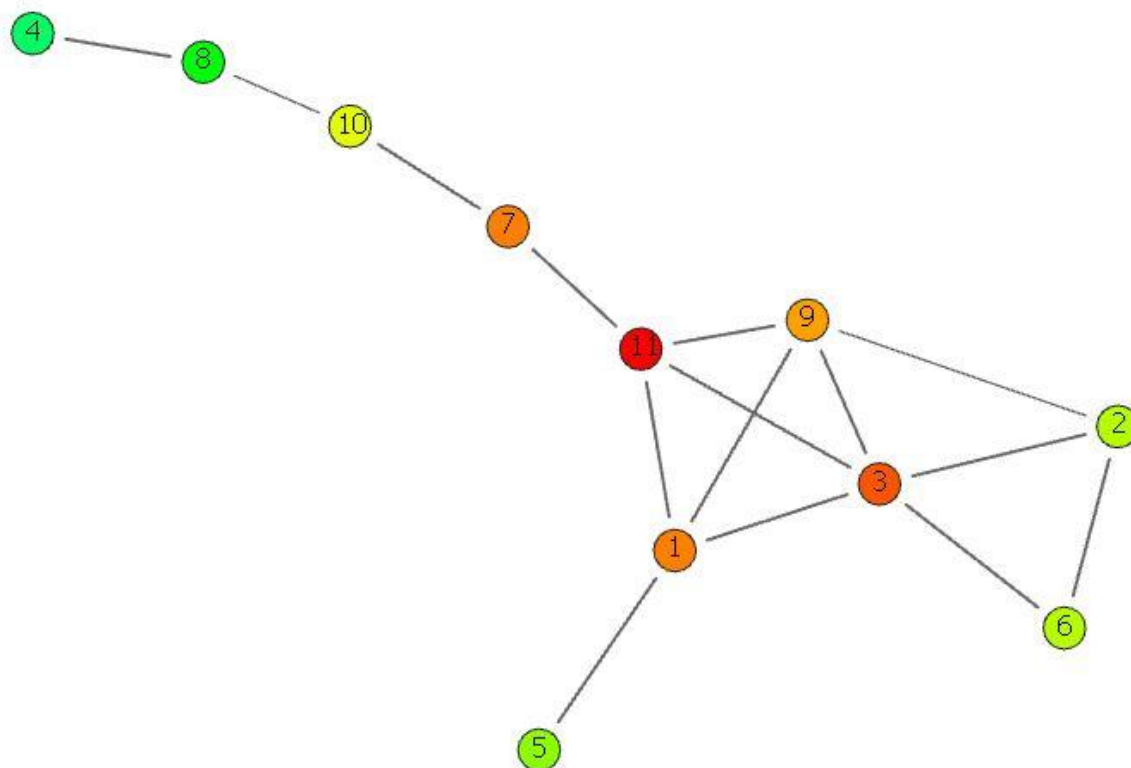


Figure 43 Graphe B_{2.2}, analyse CC, échelle de couleur

L'analyse des centralités de proximité montre que l'acteur 11 est en moyenne le plus proche des autres membres du groupe sur ce graphe.

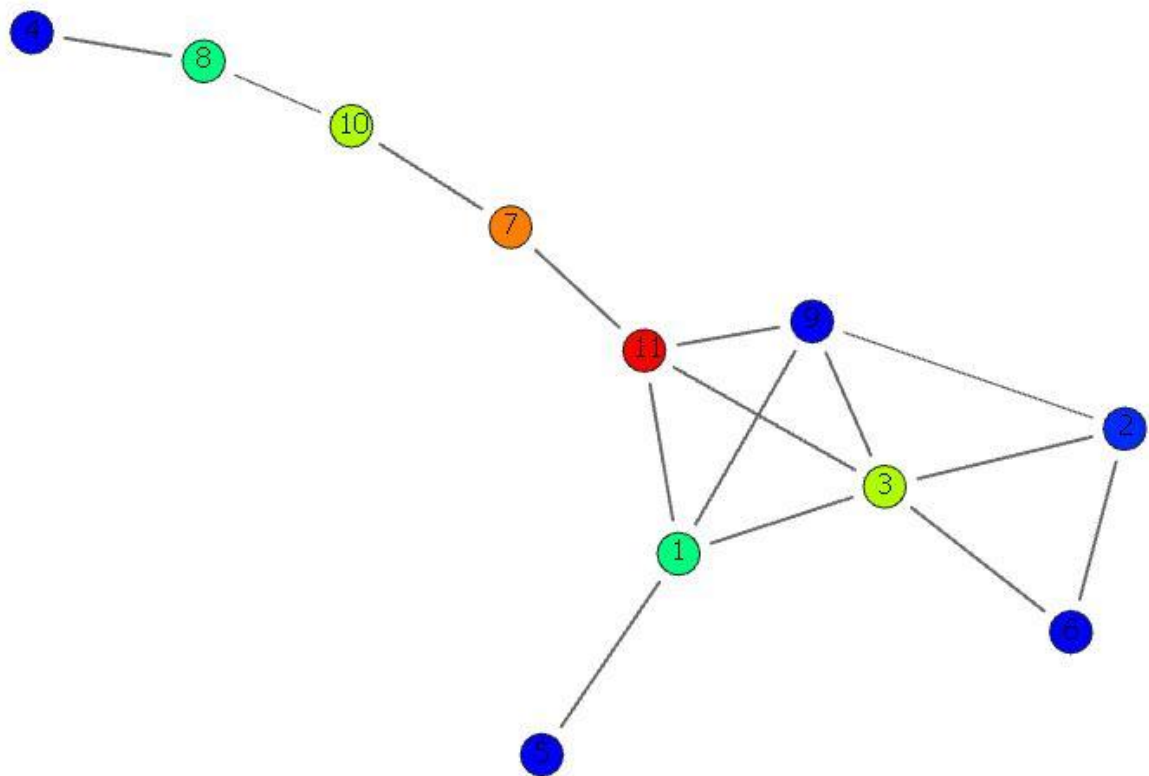


Figure 44 Graphe B_{2.2}, analyse BC, échelle de couleur

Les centralités d'intermédiation mettent en avant le positionnement spécifique de l'acteur 11 sur le graphe, il est le lien entre les acteurs 4, 8, 10 et 7 et le reste du groupe.

5.5.3 Graphes qu 2.3 « relation informelles »

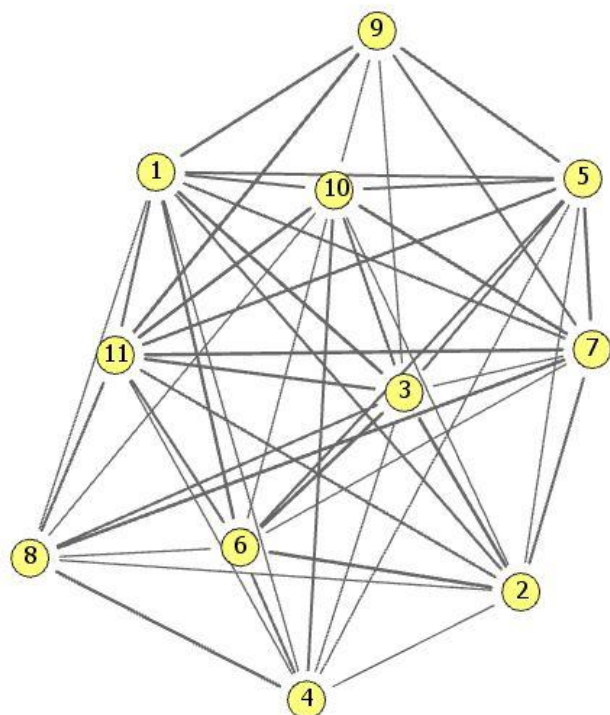


Figure 45 Graphe C2.3, brut

Le graphe $C_{2.3}$ est particulièrement dense (densité de 0,89). Cela permet de mettre en évidence que la plupart des acteurs ont eus des échanges informels lors du projet. Ce graphe n'est cependant pas homogène, la pondération des arrêtes permettra de faire ressortir des tendances parmi ce réseau.

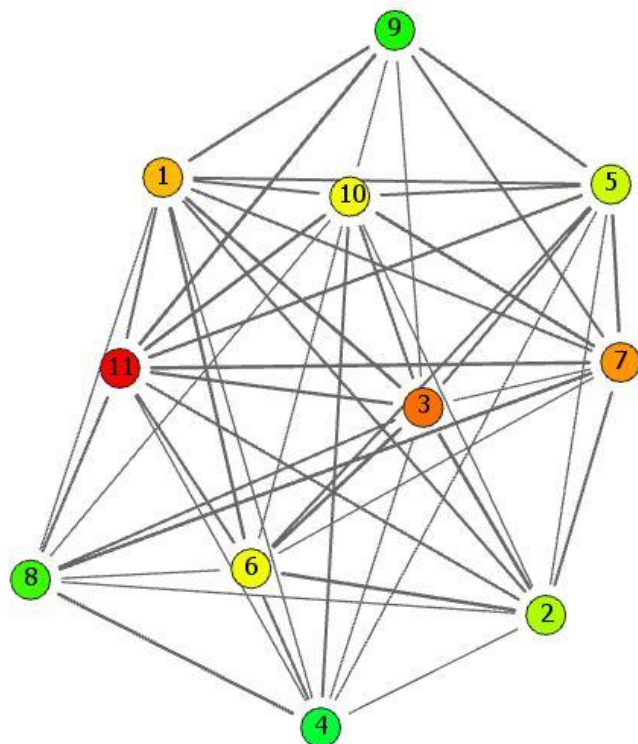


Figure 46 Graphe C2.3, analyse DC, échelle de couleur

L'analyse des centralités de degrés montre que l'acteur 11 est celui ayant le plus d'échanges informels directs et forts avec le reste de l'équipe. A l'inverse les acteurs 4, 8 et 9 sont ceux qui en ont eus le moins.

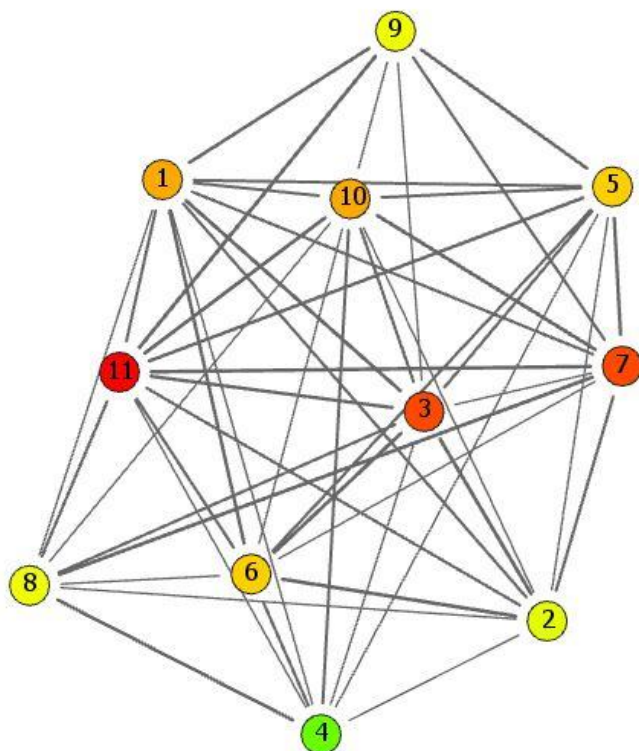


Figure 47 Graphe C2.3, analyse CC, échelle de couleur

Les centralités de proximité du graphe C_{2.3} donnent un résultat proche de celles de degrés. L'acteur 11 est donc à la fois celui qui a le plus eus d'échanges directs mais également celui qui est le plus proche des autres membres de l'équipe. A l'inverse l'acteur 4 est celui ayant la plus faible centralité de proximité.

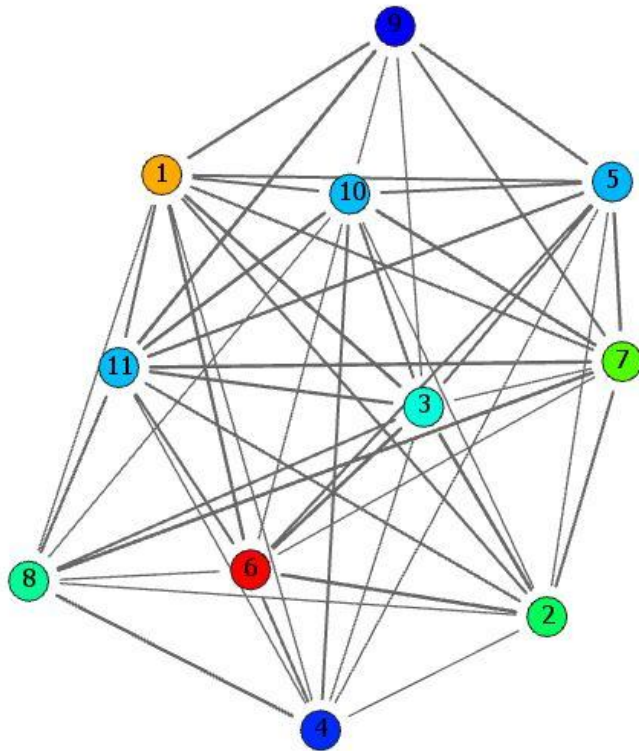


Figure 48 Graphe C2.3, analyse BC, échelle de couleur

L'analyse des centralités d'intermédiation pour le graphe $C_{2.3}$ met en évidence un rôle d'intermédiaire fort du point de vue des échanges informels pour l'acteur 6 et dans une moindre mesure pour les acteurs 1 et 7. A l'inverse les acteurs 4 et 9 sont plus en « bout de chaîne » des échanges informels. Ces intermédialités restent très relatives vue la densité du graphe et reposent surtout sur la pondération des liens.

5.5.4 Graph qu 2.4 « relations formelles »

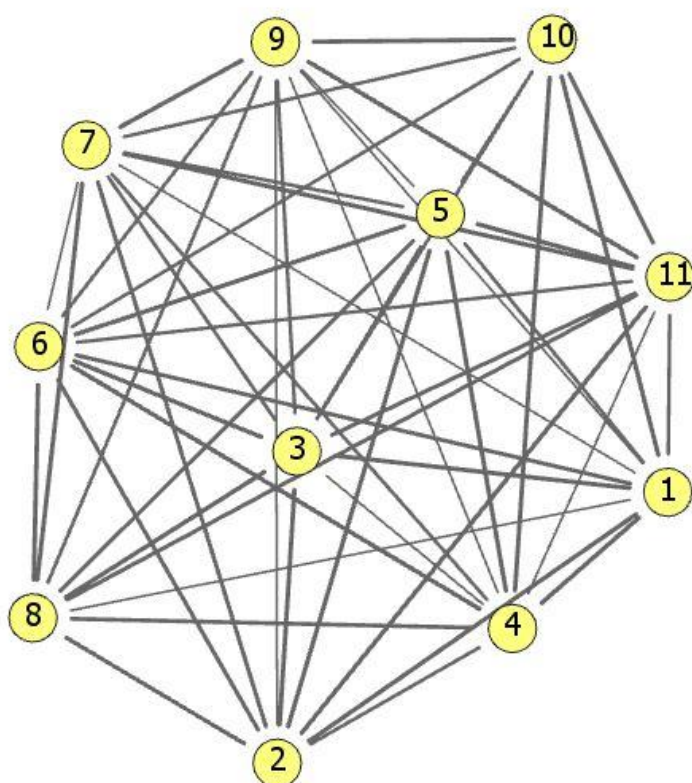


Figure 49 Graphe E2.4, brut

Le graphe $E_{2.4}$ décrit les échanges formels pendant le projet. Pour rappel, les relations prévues par l'organigramme (graphe O) y ont été rajoutées en faisant l'hypothèse que travailler au sein d'un même groupe implique nécessairement pour deux acteurs d'avoir des relations formelles suivies au cours du projet.

Ce graphe est encore plus dense que le graphe $C_{2.3}$ (densité de 0.96). A de rares exceptions près, tous les acteurs ont eus des échanges formels lors du projet.

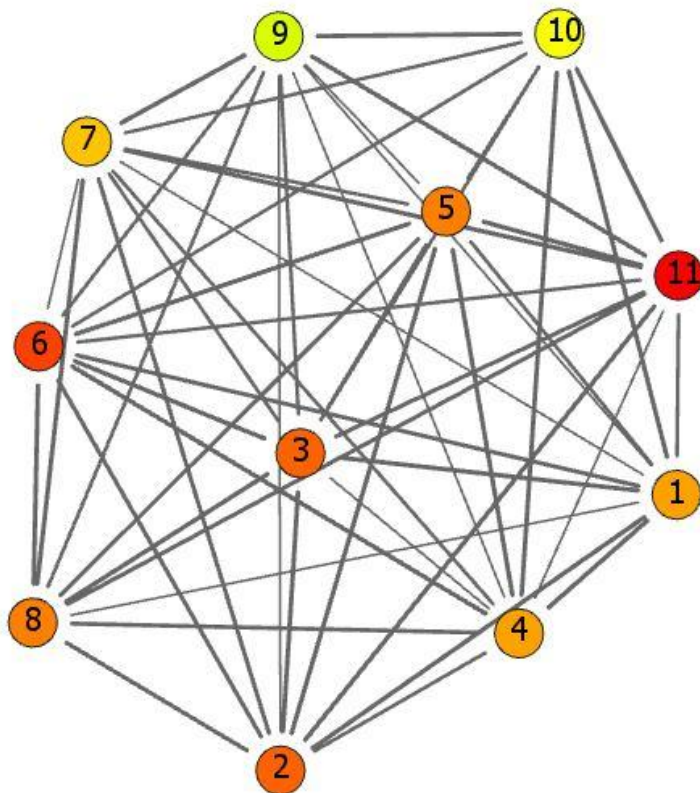


Figure 50 Graphe E2.4, analyse DC, échelle de couleur

Du fait de la forte densité du graphe, les centralités de degrés des acteurs sont peu différenciées, sans être tout à fait homogènes du fait de la pondération notamment. Remarquons tout de même que l'acteur 11 est celui ayant eu le plus de relations formelles et les plus fortes. A l'inverse l'acteur 9 a la centralité de degrés minimale, suivi par l'acteur 10.



85

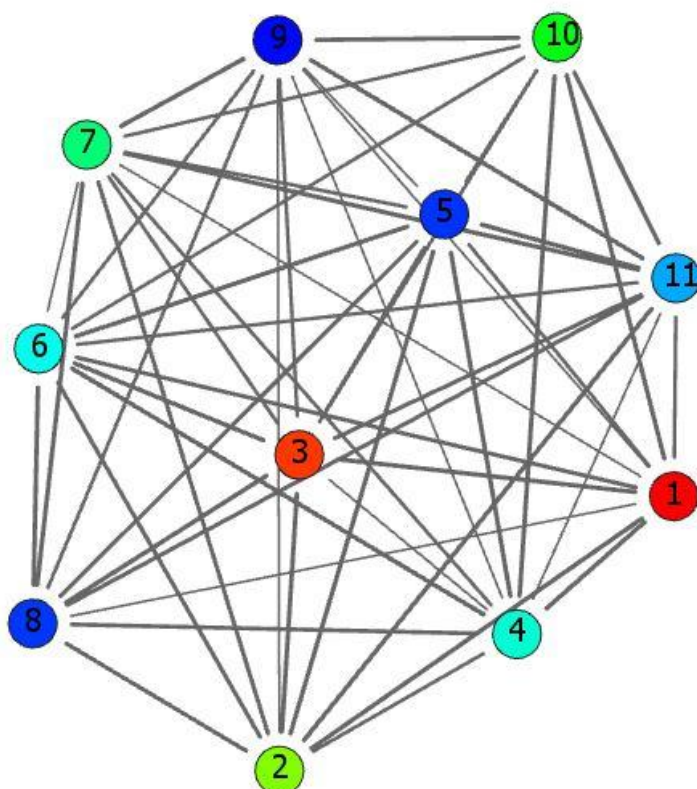


Figure 52 Graphe E2.4, analyse BC, échelle de couleur

Les centralités d'intermédierité mettent en avant l'acteur 1, suivi de l'acteur 3. L'acteur neuf est celui qui possède la plus faible centralité d'intermédierité, suivi des acteurs 5 et 8.

5.6 Valeurs relatives des DC

Pour les centralités de degrés des questions 2.3 et 2.4, nous pouvons donner la part de la centralité induite par les échanges au sein des groupes de mission et celle en dehors. Nous présenterons la donnée du rapport de la centralité de degrés issue des relations hors groupes de mission sur la centralité de degrés totale, que nous nommerons R(2.3) et R(2.4). Ces centralités de degrés tiennent compte des pondérations et sont donc à prendre comme des indicateurs et non comme des valeurs absolues.

Tableau 5 Tableau des R(2.3) et R(2.4) pour chaque acteurs.

| Acteurs | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| R(2.3) | 59% | 50% | 42% | 50% | 63% | 55% | 74% | 53% | 50% | 55% | 52% |
| R(2.4) | 38% | 43% | 43% | 38% | 41% | 45% | 68% | 56% | 45% | 30% | 48% |

Ces données montrent que l'acteur 7 a eu en proportion plus d'échanges tant formels qu'informels hors de ses groupes de missions que les autres acteurs de l'équipe. Par ailleurs c'est l'acteur 3 qui a la statistique la plus basse pour les échanges informels et l'acteur 10 pour les échanges formels.

En moyenne 55% des échanges informels et 45% des échanges formels ont été fait hors des groupes de mission.

6 discussions

Nous nous proposerons dans cette partie consacrée à la discussion de nos résultats de développer l'analyse qui peut en être faite grâce à l'approche que nous proposons.

Notre analyse se divisera en deux parties. Chacune de ces parties s'attachera majoritairement à répondre à une sous-question de recherche. Nous développerons d'abord la première sous-question : *Comment l'organisation prescrit structure le système d'action concret ?* Pour répondre à cette question nous nous baserons principalement sur l'analyse des régulations de contrôle appliquées aux acteurs. Nous chercherons ensuite à mener la réflexion en sens inverse en partant du comportement des acteurs pour en proposer une analyse en termes de stratégies et ainsi répondre à notre seconde sous-question de recherche : *Quelles stratégies développent les acteurs à partir de cette structuration ?*

6.1 Analyse de la structure organisationnelle du projet

Nous consacrerons la première partie de notre analyse aux régulations qui structurent l'organisation. C'est-à-dire la manière dont l'encadrement a conçu l'activité *a priori*, par l'attribution aux acteurs de postes associés à des objectifs et à une temporalité. Nous démontrerons notamment que cette structuration diffère en partie du récit qui en est fait et porte en elle des conséquences profondes pour l'organisation.

6.1.1 Régulation de contrôle relationnelle

La régulation qui nous semble la plus évidente à distinguer est celle qui est faite à travers l'attribution des tâches et des rôles au sein de l'équipe. Nous commencerons donc par analyser cette régulation.

Cette régulation peut être qualifiée de régulation de contrôle puisqu'elle est imposée par l'encadrement de manière unilatérale. Aucune hiérarchie n'est donnée explicitement mais les élèves se voient assignées des missions précises. Cette « neutralité » hiérarchique de la régulation de contrôle peut sembler étrange par comparaison à un projet professionnel. Elle est certainement issue, en partie au moins, du cadre pédagogique.

Elle cache cependant des différences fondamentale entre acteurs. Les encadrants à l'origine de cet organigramme semblent avoir une certaine conscience de ces différences. Vu leur connaissance des élèves et leur expérience de l'exercice, leurs choix d'affectation ne sont pas neutres. Les postes de coordinateurs sont notamment associés à un leadership sur l'équipe, sans qu'une consigne claire ne soit donnée sur qui parmi les coordinateurs doit prendre ce leadership. C'est ici un exemple de régulation de contrôle implicite.

Cette neutralité explicite est par exemple visible dans la manière de présenter l'organisation de l'exercice (fig. 53). Les rôles y sont présentés sous forme d'un tableau à double entré, dans lequel aucune hiérarchie n'est donnée.

| | | Mission de modélisation | | | |
|------------------------|--|-------------------------|----------------|--------------|------------------------------|
| | | Enveloppe (EN) | Structure (ST) | Fluides (FL) | Partionnement Intérieur (PI) |
| Mission d'exploitation | Deviseur (DE) | 6 | 3 | | 8 |
| | Planificateur Travaux (PT) | 4 | 1 | 10 | |
| | Facility Manager (FM) | | | 9 | 7 |
| | Coordinateur technique et organisationnel (CO) | 5 | 2 | 11 | |

Figure 53 Organigramme donné aux élèves en début d'exercice

Comme nous l'avons vu dans la partie traitement des données, cet organigramme peut faire l'objet d'un graphe représentant les acteurs liés par des relations de type « A partage une mission avec B ». Il s'agira alors du graphe de collaboration prescrite.

Ces relations de collaborations prescrites ont un rôle puissant. Elles définissent les relations prioritaires avec les autres membres de l'équipe et augmentent l'engagement des acteurs impliqués. Elles forment des réseaux privilégiés de circulation de l'information : que ce soit de manière informelle, les groupes devront nécessairement se synchroniser régulièrement et rapidement sur leurs objets de travail, ou formelle, par l'envoi prévu de maquettes par exemple. Par ailleurs il est très compliqué pour les acteurs d'atteindre leurs objectifs, vis-à-vis de l'organisation, hors de ces relations. Un acteur qui souhaiterait ne pas collaborer dans une telle relation s'expose à d'importantes complications tant du point de vue des tâches à accomplir que de celui de la réception d'un tel comportement par l'équipes et les encadrants à l'origine de cette régulation.

A ce stade il est tentant de croire que les membres de l'équipe sont relativement égaux dans l'organisation telle que représentée ici et que cette égalité est imposée par l'organigramme et donc par la régulation de contrôle. Cependant ces situations ne se matérialisent pas telles quelles. Comme vu dans la description de l'exercice il existe plusieurs différences de poids qui sont notamment liées au déroulement de l'activité.

6.1.2 Régulation de contrôle séquentielle

En effet l'activité est aussi régulée dans le temps. Elle est découpée temporellement en plusieurs séquences associées à des objectifs et à des événements. Ce découpage est surtout effectif à l'échelle du projet entier, il est associé à des dates fixes, c'est une régulation que nous qualifierons d'*absolue*.

Cependant il existe une autre manière de réguler l'activité dans le temps : le workflow. Cette structuration est nettement plus *relative* et également moins nette. Elle est plus associée aux choix ou aux contraintes de répartition de l'activité. Elle est par exemple visible dans les changements de missions : une partie de l'activité de la phase d'exploitation ne peut commencer que si un certain niveau de finition de la phase de modélisation est atteint. De la même manière, quoiqu'à une autre échelle de temps, le choix a été fait par les encadrants d'une modélisation du bâti par équipe thématiques (structure, réseaux, etc...) avec détection de clashes par l'équipe de coordination. Ce choix de méthode, guidé par la rationalité de l'encadrement, d'une modélisation itérative conditionne également le déroulement temporel de l'activité. On sait d'ores et déjà à partir de ce choix que l'équipe va devoir définir des moments de synchronisation de l'activité au sein de la phase modélisation et qu'une partie au moins de l'activité des groupes de modélisation et de coordination se fera

sur un mode itératif. Il n'est cependant pas encore possible à ce stade de déterminer ni le rythme de cette synchronisation ni les dates précises.

C'est cette structuration de l'activité dans le temps que nous choisirons de nommer *régulation de contrôle séquentielle*.

Il existe ainsi tout une série de jalons plus ou moins contraignants et plus ou moins fixés dans le temps.

L'activité est par exemple découpée en semaines qui sont chacune marquée par une réunion de coordination en présence de membres de l'encadrement et prévue formellement dans l'horaire de cours. C'est à la fois une manière de rythmer le travail et d'aménager des espaces d'échange entre l'équipe et l'encadrement. Enfin c'est une manière pour l'encadrement de garder un regard régulier sur l'avancement de l'activité. En somme c'est une régulation importante de la circulation de l'information tant au sein de l'équipe qu'entre celle-ci et l'encadrement.

Ce rythme hebdomadaire est également lié au contexte scolaire de l'activité et à son insertion dans le programme, le temps des élèves doit se répartir entre plusieurs cours indépendants et SDC BIM a des heures dédiées. Ainsi les réunions d'équipe et le rythme des itérations de la phase modélisation vont être fortement conditionnés par ce rythme hebdomadaire relevant de la régulation de contrôle et issu lui-même de l'insertion de l'activité dans son environnement. On remarquera qu'ici le critère de rationalité de la régulation de contrôle est celui de l'insertion dans l'environnement et pas celui d'une optimisation de l'activité.

Par ailleurs ce rythme hebdomadaire est également repris dans la régulation autonome des acteurs. Ceux-ci ont en effet décidé de fixer formellement, à travers le protocole BIM, plusieurs jalons hebdomadaires adossés à leur workflow. Ainsi, en plus de la réunion prévue le vendredi par la régulation de contrôle, une réunion d'équipe est prévue tout les lundi matins. Ces deux réunions, dites « réunion de projet » visent à faire le point sur l'état d'avancement de la modélisation et des questions techniques qui y sont liées. De plus une réunion dite « de coordination » est effectuée le samedi. Son objectif est d'harmoniser les workflow et la coordination des maquettes, c'est notamment à cette occasion que les clashes sont passés en revue. Ces deux types de réunion sont sensé réunir toute l'équipe. Enfin un autre jalon hebdomadaire propre à la phase de modélisation est celui de la détection de clash. Celle-ci a été fixée par l'équipe de coordination au jeudi.

Cette régulation autonome structure fortement la semaine de travail. Ce rythme hebdomadaire est issu des mêmes contraintes environnementales que la régulation de contrôle, cette dernière venant renforcer ces contraintes.

De manière moins régulière et principalement au début de l'activité, différents modules d'apprentissage et de présentation des modalités de l'exercice sont organisés à date et heure fixe ou sous forme de capsules de cours en ligne disponibles à partir d'une date donnée. Ces événements jalonnent l'activité mais ne sont pas tous contraignants. Notons tout de même que les modules de cours concernant les logiciels de modélisation ont pu être un élément structurant de l'activité pour les élèves n'ayant pas déjà acquis ces compétences. C'est un élément de régulation de contrôle séquentiel inégalement appliqué aux acteurs suivant leur expérience.

Enfin l'activité est fortement contrainte par deux événements, ici liés au contexte scolaire mais qui pourrait trouver leur équivalent dans un projet réel sous forme de dates jalons : le prés-jury et le jury final. Ces deux dates constituent des deadlines importantes, fixées dans le temps et où des résultats sont demandés à l'équipe.

6.1.3 Lecture croisée des régulations de contrôle relationnelles et séquentielles

A partir de cette description des régulations de contrôle relationnelles et séquentielles nous pouvons poursuivre l'analyse en observant comment les deux régulations vont interagir. Plus particulièrement nous observerons la manière dont la régulation séquentielle va modeler la régulation relationnelle au cours de l'exercice pour l'amener à s'écarter de la manière dont celle-ci est présentée.

Tout d'abord, il existe plusieurs phases, notamment au début et à la fin de l'exercice où la majeure partie du travail n'entre ni dans la mission de modélisation ni dans la mission d'exploitation. L'équipe doit alors s'organiser seule pour réaliser ses objectifs. Ceci n'exclut pas une réappropriation, ou tout du moins une influence, de la régulation relationnelle prescrite pour les deux missions. Dans ces phases c'est donc une régulation autonome qui va dominer.

Deuxièmement, les deux missions sont partiellement concomitantes (fig. 54). Si le début de la phase de modélisation est relativement indépendant de la phase d'exploitation, les deux phases se chevauchent dans le temps pendant deux semaines. La phase d'exploitation n'existe presque pas indépendamment de la phase de modélisation que ce soit temporellement (une semaine seulement) ou en termes de workflow. De plus le temps alloué à ces deux phases est très inégal, la phase de modélisation dure sept semaines et précède la phase d'exploitation de trois semaines. On peut alors raisonnablement faire l'hypothèse qu'arrivée en phase d'exploitation l'équipe est déjà fortement structurée par l'organigramme de la phase de modélisation et que l'organigramme de la phase d'exploitation considéré seul ne permet pas de décrire correctement les relations qui s'y déroulent.

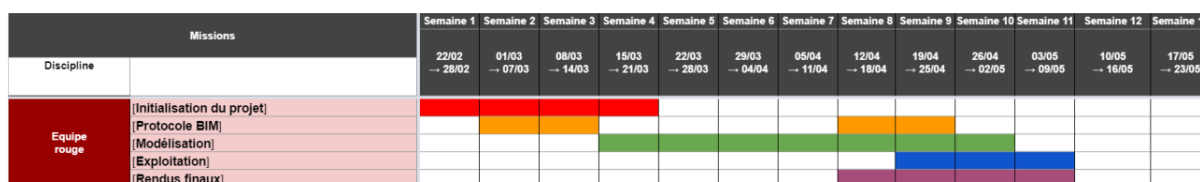


Figure 5 : Calendrier des cinq grandes étapes

Figure 54 Phasage du projet adopté au sein es rapports personnels (rapport personnel)

Enfin il est important de noter que le groupe « coordinateur technique et organisationnel » (acteurs 2, 5, 11), classé comme faisant parti de la mission d'exploitation, est en fait concrètement attaché à la mission de modélisation. Il y tient même un rôle central puisque la phase consiste principalement en une navette hebdomadaire entre les groupes de modélisation et celui des coordinateurs qui vont en effectuer une synthèse des modèles et en vérifier la cohérence, à travers une « détection de clashes ».

Nous proposons donc de découper l'exercice en trois phases auxquelles peuvent être rapportés différents graphes de collaboration prescrite :

- Phase 1, semaines 1 à 3 : L'organisation du travail n'est pas structurée *a priori*.
- Phases 2, semaines 4 à 7 : L'organisation est dominée par les équipes de modélisation et l'équipe de coordination.

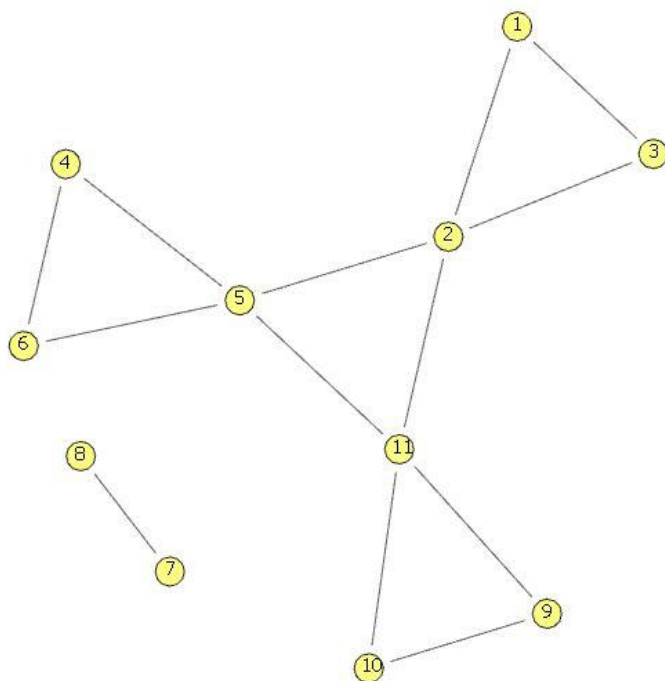


Figure 55 Graphe de collaboration prescrite phase 2

- Phase 3, semaines 7 à 11 : l'organisation intègre à la fois les groupes de modélisation et d'exploitation, des tâches indépendantes hors missions se déroulent en parallèle.

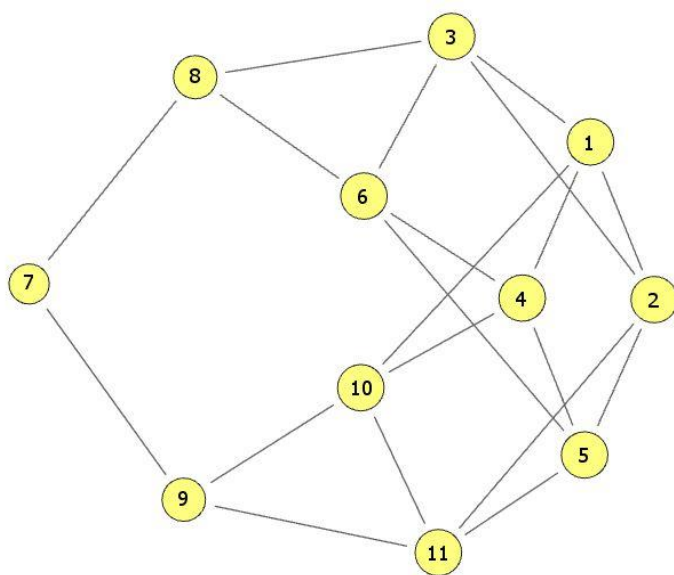


Figure 56 Graphe de collaboration prescrite phase 3

6.1.4 Conséquences générales des régulations relationnelles et séquentielles

Si peu de conclusions peuvent être tirées à ce stade sur la première phase, nous pouvons déjà tirer des enseignements des graphes associés aux deux suivantes.

En effet il y apparait des différences au sein de l'équipe.

6.1.4.1 Phase 2

Dans la phase 2, on constate que trois positions se détachent.

Le groupe de coordination (acteurs 2, 5 et 11) acquiert une position centrale. Ses membres deviennent *a priori*, pour leurs groupes de modélisation, des relais avec le reste de l'équipe. Par ailleurs ils acquièrent un rôle de centralisation de l'information.

Ce rôle de centralisation de l'information est notamment visible à travers à travers les centralités de degrés et d'intermédiarités plus fortes de ces trois acteurs dans ce contexte (en rouge sur la figure 57).

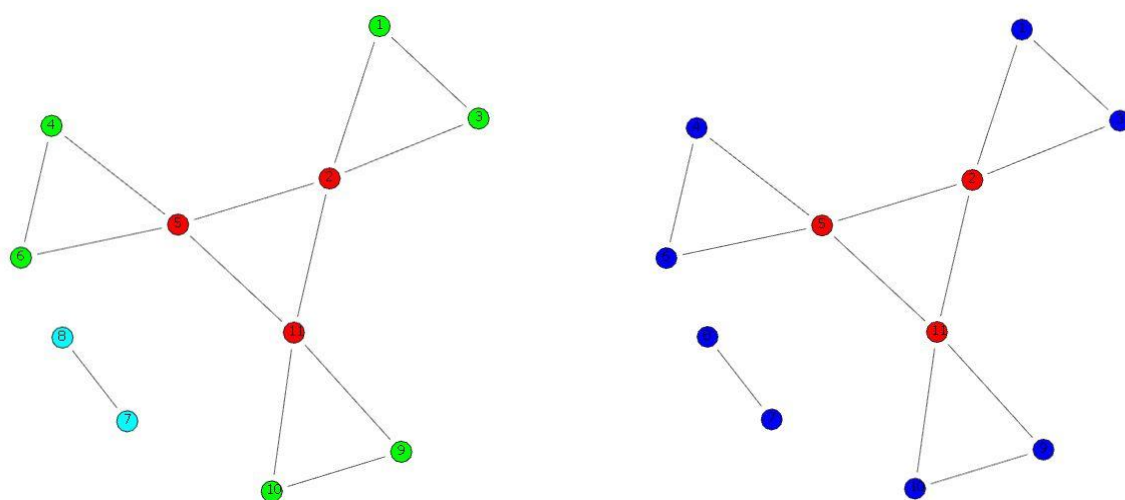


Figure 57 Analyse des DC et BC des acteurs pour la phase 2, échelle de couleur

De plus, les membres du groupe Partitionnement Intérieur (7 et 8) se retrouvent isolés par rapport au reste de l'équipe. Cela va également avoir pour conséquence de forcer l'organisation à adopter une régulation autonome pour établir cette liaison par ailleurs indispensable pour compléter les tâches. Ainsi le choix devra être fait de définir, ou pas, des interlocuteurs privilégiés entre le groupe et les coordinateurs, ou encore de formaliser une action de transmission des maquettes. Loin d'être anodin, cela intègre un degré de liberté supplémentaire dans l'organisation de l'équipe.

Nous n'avons pas d'informations claires sur la solution choisie. Remarquons tout de même que la répartition de la détection de clashes parmi les coordinateurs n'indique pas de solutions formalisée puisque ceux-ci ont fait le choix de traiter les clashes issus de leurs missions de modélisation et de se répartir la détection de clash liée au partitionnement intérieur. Par ailleurs l'analyse du comportement des acteurs qui sera développée dans la seconde partie de l'analyse nous amène à croire que la solution choisie est plutôt une liaison informelle directe de l'acteur 7 (PI) avec les membres des autres groupes.

Dans la dernière phase du projet l'interprétation du graphe de collaboration prescrite doit se faire plus prudente encore. En effet d'autres tâches que celles des missions de modélisation et d'exploitation se déroulent en parallèle. Le graphe présenté doit donc être compris comme une représentation partielle de l'activité telle que pensée *a priori* et éventuellement comme une influence pour l'organisation des tâches en équipe entière. Il n'est pas à exclure non plus que cette dernière influence les relations tournées vers les missions.

6.1.4.2 Phase 3

Dans ce graphe nous retrouvons donc une autre inégalité d'accès dans le réseau de collaboration prescrite. Si la plupart des membres de l'équipe collaborent avec quatre autres membres, les acteurs 9 et 8 ne collaborent qu'avec trois de ceux-ci et l'acteur 7 avec deux seulement (voir analyse DC, fig.58).

De la même manière une disparité apparaît au niveau de centralités d'intermédiation des acteurs. Cette disparité est différente de celle de la phase 2. Remarquons, par exemple, qu'au sein du groupe de coordinations (2, 5 et 11), l'acteur 11 acquiert une place plus privilégiée dans le réseau.

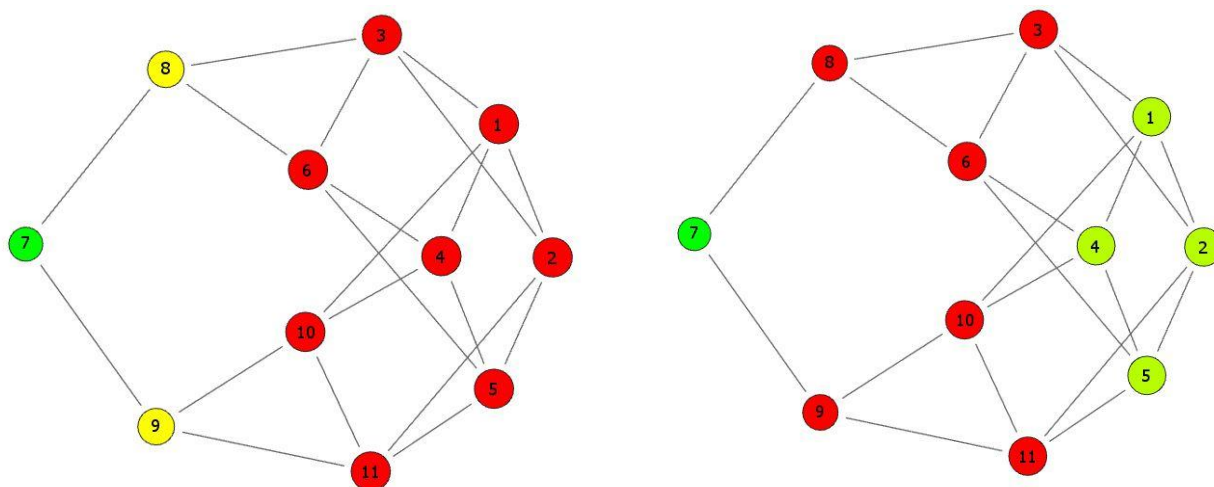


Figure 58 Analyse des DC et BC des acteurs pour la phase 3, échelle de couleur

Bien que moins marquée que pour la phase 2, nous retrouvons une disparité inscrite dans la régulation de contrôle.

6.1.5 Le leadership au sein des groupes de modélisation : un leadership structurel

Ces disparités de positionnement au sein de l'équipe ont des conséquences concrètes sur le système d'action concret. La manière dont se structure l'équipe va avoir une influence sur les relations de pouvoir en son sein. Pour montrer cette influence nous chercherons donc à comparer la régularité des relations de pouvoir, c'est-à-dire le leadership des acteurs au sein de leur groupe de mission, avec leur positionnement dans l'organisation prescrite.

Dans notre cas d'étude il est possible de faire ressortir, à partir des rapports personnels, certains leaderships (tab. 6).

Tableau 6 Synthèse des leaderships

| | phase | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|------------------------------|-------|---|----|---|---|---|
| Exploitation Modélisation | ST | 2 | | 2 | | |
| | EN | 5 | 5 | 5 | | 5 |
| | PI | | | | | |
| | FL | 9 | 11 | | | |
| | CO | 5 | | | | 5 |
| | DE | | | | | |
| | FM | 9 | 9 | | | |
| | PL | | | | | |

En effet, à l'échelle des groupes de mission, plusieurs occurrences de leadership apparaissent. On peut faire ressortir quatre acteurs en position de leadership clair au cours de certaines phases : les acteurs 2, 5, 9 et 11. L'apparition de leadership est plus marquée dans les équipes de modélisation.

L'équipe des coordinateurs a une activité assez particulière dans les équipes d'exploitation à cause de son rattachement de fait à la phase modélisation. On peut même aller jusqu'à considérer uniquement comme comparables les trois autres groupes DE, FM et PL parmi les groupe d'exploitation. Dans ce cas seul l'acteur 9 (FL, FM) ressort comme ayant un leadership au sein de son groupe d'exploitation.

La première observation est que cette répartition des leaderships, principalement présent dans la phase de modélisation, c'est-à-dire la phase 2 concorde avec la structuration plus marquée de celle-ci. A l'inverse, la phase 3, correspondant à l'exploitation, correspond à une organisation prescrite différenciant moins les acteurs et voit également moins de leadership apparaître. Comme nous le verrons par la suite, le leadership de l'acteur 9 est particulier au sein du projet, notamment parce qu'il ne semble pas corrélé directement à une position particulière dans l'organisation prescrite.

Les trois membres de l'équipe de coordination (2, 5 et 11) se retrouvent dans les leaders des équipes de modélisation. Cela semble pouvoir s'expliquer par deux éléments.

D'abord, au niveau du workflow du projet ces acteurs se retrouvent partis prenantes des deux côtés de la navette réalisation de la maquette/détection de clashes. Ils s'imposent donc « naturellement » comme éléments de liaison entre les groupes de modélisation et le groupe de coordinateurs. C'est un effet structurel, inscrit dans l'organigramme et le workflow. Les acteurs disposent alors d'une expérience difficilement transmissible et de plus d'informations, dont ils deviennent la source directe pour les membres de leur équipe. Ils réduisent ainsi les incertitudes liées à leurs travaux personnels tout en devenant un élément clef pour leur groupe.

Par ailleurs, leur engagement dans le groupe des coordinateurs leur donne accès à une information directe sur l'état d'avancement des autres groupes, leur donnant alors une position favorable pour gérer la coordination entre leur groupe de modélisation et des autres

groupes : ils peuvent mieux prévoir et cibler les points de tensions et bénéficient de leur légitimité symbolique de coordinateurs.

Ce sont ces deux éléments que traduisent les plus fortes centralités de degrés et surtout d'intermédiarité des acteurs du groupe coordination pour la phase 2. Le leadership de ces acteurs est donc corrélé avec leur position dans l'organisation prescrite, c'est ce que nous appellerons un leadership structurel.

6.1.6 Choix des équipes et influence d'autres paramètres

Enfin, il faut préciser que le choix des équipes fait lui-même partie de l'organisation prescrite. En effet, SDC BIM prévoit la réalisation du même projet par deux équipes, si le choix des participants à l'exercice n'est pas du ressort direct de l'encadrement, le choix de répartition des acteurs entre les équipes l'est. Hors les acteurs possèdent déjà des relations avant le début de l'exercice. Dans notre étude, nous avons fait le choix de prendre en compte deux types de relations : « A a déjà travaillé avec B » et « A travaille avec B sur un projet en parallèle de SDC BIM ». Ces relations ont fait l'objet des questions 1.2.1 et 1.2.2 pour les relations avec l'équipe non étudiée et des questions 2.1 et 2.2 au sein de l'équipe.

Le décompte de ces relations montre là encore une disparité suivant les acteurs (cf. tab.7). Certain ont, par exemple, déjà travaillé avec un la moitié de leur équipe d'autres avec un seul membre.

Ce type de relation structure également les équipes en modifiant les informations dont chacun dispose, la facilité à échanger les uns avec les autres ou encore les relations de confiance, ou de conflit, déjà créées.

Tableau 7 Synthèse du nombre de relation pour les questions 1.2.1, 1.2.2, 2.1 et 2.3

| Acteurs | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|---------|-----|-----|-----|---|---|---|---|-----|-----|-----|-----|
| 1.2.1 | 6 | 5 | 7 | 3 | 4 | 3 | 3 | 1 | 3 | 2 | 4 |
| 1.2.2 | 3 | 3 | 2 | 1 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 |
| 2.1 | 5,5 | 6 | 6,5 | 1 | 5 | 4 | 3 | 1 | 4 | 1,5 | 3,5 |
| 2.2 | 4 | 2,5 | 5 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1,5 | 3,5 | 1,5 | 4 |

Comme il a été dit, les encadrants connaissent les élèves avant le début de l'exercice et connaissent au moins partiellement leurs relations, ne serait-ce que par la connaissance de leur parcours scolaire. Le choix de la répartition des équipes et au sein de celles-ci de la répartition des groupes de mission n'est donc pas arbitraire. C'est un moyen de régulation de contrôle important sur lequel les acteurs du système d'action concret ont peu d'influence.

L'influence exacte de cette régulation est cependant difficile à estimer.

6.2 L'acteur face à la structure organisationnelle : analyse stratégique

Après avoir analysé l'organisation prescrite du système et les conséquences structurantes de cette organisation à l'échelle de l'équipe, nous nous intéresseront à l'analyse des échanges concrets entre les acteurs et à l'analyse de cas particuliers d'acteurs qui nous semblent révélateurs. Ceux-ci nous permettront, d'une part, de mettre en avant le fonctionnement réel du système et, d'autre part, de pousser notre analyse pour en faire ressortir des conclusions.

Après avoir brièvement analysé certains paramètres du système d'action concret, nous mèneront une analyse stratégique des acteurs au sein de celui-ci. En se basant sur l'analyse de l'organisation prescrite et la lecture des rapports personnels et collectifs, nous avons fait le choix de réduire notre analyse à quatre acteurs. Ceux-ci nous semblent être ceux ayant le comportement le plus remarquable et les plus à même d'être analysés en profondeur.

6.2.1 Analyse macroscopique du système d'action concret

Une première analyse des résultats de l'enquête permet de tirer certaines informations sur le système d'action concret.

Tout d'abord nous pouvons observer (tab.8) que la densité des graphes décrivant les échanges formels et informels est bien plus importante que celle des graphes de l'organisation prescrite pour les phases 2 et 3. Les acteurs ont donc créé d'autres relations que celles prescrites. Il y a nécessairement eu des échanges entre acteurs ne partageant pas de mission en commun et le choix de ces relations s'est fait de manière autonome.

Par ailleurs la densité des échanges formels est plus élevée que celle des échanges informels. Les acteurs ont donc formalisé une grande partie de leurs échanges, ce qui dénote une organisation forte au niveau de l'équipe.

Tableau 8 Synthèse de la densité de graphes Omc (organisation prescrite phase 2), O (organisation prescrite phase 3), C2.3 (échanges informels), E2.4 (échanges formels)

| graphe | Omc | O | C2.3 | E2.4 |
|---------|------|------|------|------|
| densité | 0,23 | 0,36 | 0,89 | 0,96 |

Par ailleurs nous pouvons observer des différences dans la répartition des échanges informels et formels à l'intérieur des groupes de mission et en dehors (paramètre R(2.3) et R(2.4), tab.9). Les échanges informels sont proportionnellement plus tournés vers l'extérieur des groupes de mission (R(2.3) moyen à 55%) que les échanges formels (R(2.4) moyen à 45%). Ceci peut s'expliquer par une plus forte propension des échanges formels à être fréquents au sein des groupes et ponctuels en dehors.

De même, l'acteur 7 a un taux d'échanges hors de ses groupes de missions plus important que le reste de l'équipe.

Tableau 9 Synthèse R(2.3) et R(2.4) pour chaque acteurs.

| Acteurs | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| R(2.3) | 59% | 50% | 42% | 50% | 63% | 55% | 74% | 53% | 50% | 55% | 52% |
| R(2.4) | 38% | 43% | 43% | 38% | 41% | 45% | 68% | 56% | 45% | 30% | 48% |

Enfin, si les graphes d'organisation prescrite ont fait ressortir les acteurs du groupe de coordination comme des acteurs clefs du point de vue des centralités, ceci ne se retrouve pas systématiquement dans les graphes C_{2.3} et E_{2.4}. L'acteur 11 apparait systématiquement comme l'acteur ayant les plus fortes centralité de degrés et de proximité. L'acteur 2 est systématiquement un des plus centraux pour les trois centralités analysées dans le graphe E_{2.4}, mais jamais dans le graphe C_{2.3}. L'acteur 5 n'est jamais un des plus centraux. Enfin l'acteur 9 est systématiquement un des deux acteurs les moins centraux pour les deux graphes.

6.2.2 Analyse stratégique d'acteurs particuliers

Pour la suite de notre analyse nous avons choisi de focaliser notre analyse sur quatre acteurs dont les comportements nous ont parus spécifiquement saillants.

L'acteur 7 a été choisi pour sa position spécifique dans l'organisation prescrite.

L'acteur 11 a été choisi pour son leadership à l'échelle du groupe de modélisation et surtout pour son positionnement central (DC et CC notamment) sur les graphes d'échanges. Les rapports personnels permettent également de soupçonner un rôle spécifique et nuancé au sein de l'équipe.

L'acteur 5 a été choisi pour sa position de leadership au sein à la fois de son groupe de modélisation et du groupe de modélisation. Les rapports personnels montrent également la présence d'un leadership à l'échelle de l'équipe

Enfin, l'acteur 9 a été choisi pour son leadership au sein de son groupe d'exploitation notamment et sa position de faible centralité systématique dans les graphes d'échanges.

Par ailleurs, certains acteurs ont vu leurs stratégies fortement influencés par des éléments extérieurs contingents, comme l'acteur 10 qui a subi des difficultés d'ordre techniques.

6.2.2.1 Analyse du cas de l'acteur 7 : Mise en évidence d'une stratégie conditionnée par la régulation de contrôle

A ce stade il apparaît que l'acteur 7 (PI, FM) est dans une situation bien particulière qui pourrait le porter vers une forme d'isolement. En effet, comme vu en 6.1.3, il fait partie des deux seuls groupes de deux de l'exercice il bénéficie donc de moins de relations issues de la régulation de contrôle. Il est le seul acteur dans cette situation.

Cependant il semble y avoir une certaine contradiction avec les résultats montrés par le graphe de relations informelles (fig.59) où l'acteur 7 est toujours le troisième acteur le plus connectés du point de vue des centralités de degrés, de proximité et d'intermédiarité. Dans les communications informelles la tendance est plutôt inverse avec des centralités de degrés et de proximité faible mais une centralité d'intermédiarité moyenne.

Par ailleurs c'est l'acteur dont les échanges sont les plus tournés hors de ses groupes de mission (tab.9).

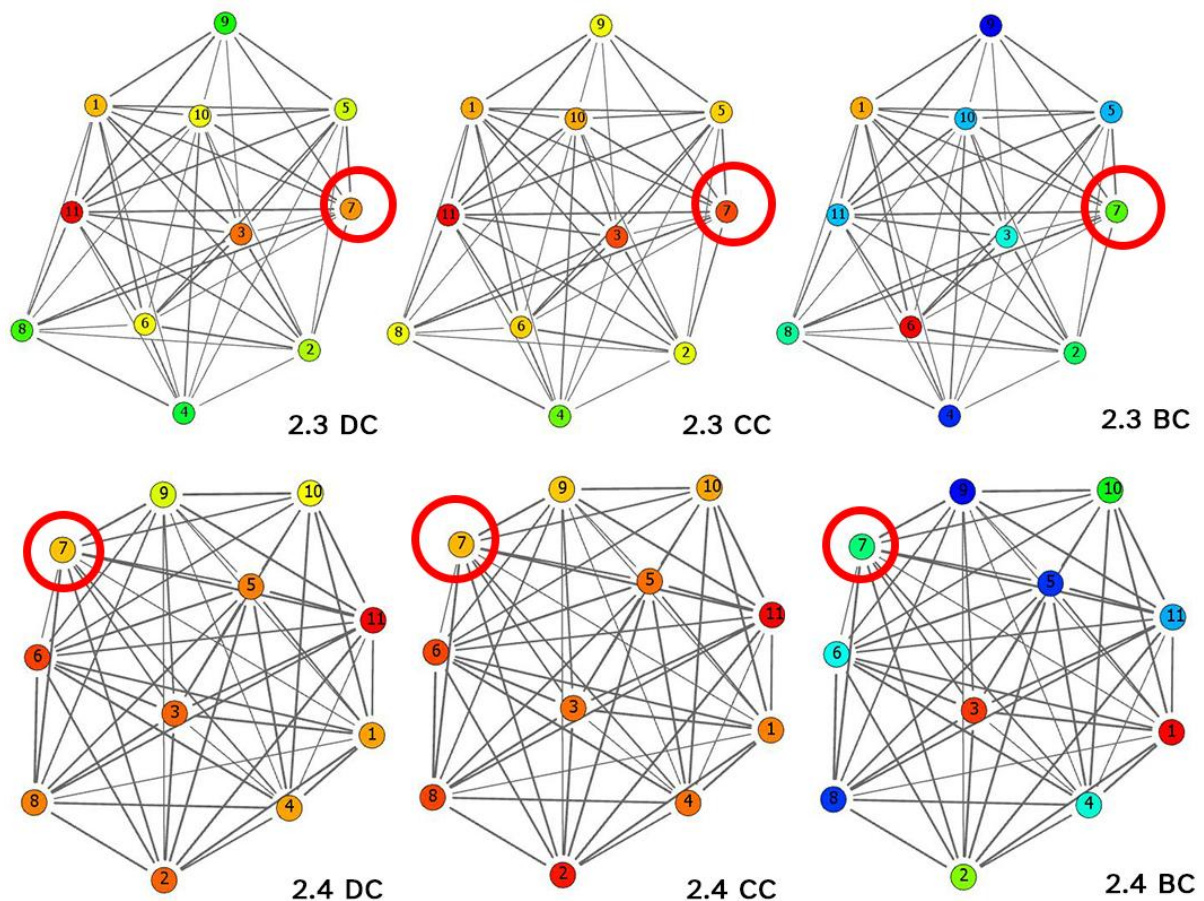


Figure 59 Synthèse des trois centralités pour les graphes C2.3 et E2.4, acteur 7

Nous proposerons d'interpréter cette contraction comme suit :

Faute d'avoir un coordinateur dans ses groupes, qui aurait structurellement été amené à jouer le rôle d'intermédiaire avec le reste de l'équipe, l'acteur 7 a adopté une stratégie de compensation. En effet l'espace de synchronisation formelle donné par la réunion de coordination hebdomadaire est insuffisant et comme le suggère Calixte (2021) les synchronisations informelles sont indispensables à l'exécution des tâches à mener. Cela a impliqué pour l'acteur 7 de devoir nécessairement mener des échanges soutenus avec les membres des autres groupes. Ceci peut expliquer sa centralité de degré et une partie de sa centralité de proximité pour les échanges informels.

De plus cette prise de contact directe s'est faite selon un schéma différent des autres membres de l'équipe, puisque ses besoins l'étaient aussi, et surtout de manière très transversale puisqu'il s'agissait d'aller rechercher de l'information auprès de tous les groupes. Cela explique cette fois sa centralité d'intermédierité dans les synchronisations informelles et la différence entre ses faibles centralités de degrés et de proximité en échanges formel et sa centralité d'intermédierité : en rentrant en contact selon des schémas différents et plus transversaux il court-circuite certaines boucles établies et crée donc des chemins plus courts dans le réseau.

Cette stratégie semble également avérée par la déclaration de l'acteur 8, son coéquipier du groupe de modélisation : « [l'acteur 7] *communique souvent avec les membres d'autres équipes, ce qui nous permet de rester au courant de la situation en dehors des réunions prévues et messages ciblés ponctuels, malgré le manque de coordinateur dans notre équipe.* » (source : rapport collectif).

Remarquons qu'il faut ici être prudent sur l'interprétation de ce résultat. L'acteur a été conscient de son isolement relatif, comme en témoigne son rapport : « *Malheureusement, la répartition des rôles était telle que je me suis retrouvé dans deux groupes de deux, contrairement aux autres étudiants.* ». Mais aucune trace n'est présente dans son rapport personnel sur une stratégie explicite de prise de contacts soutenue après des autres membres de l'équipe. Par ailleurs, cette stratégie, en plus d'être issue d'une position structurellement défavorable, a pu être influencée par d'autres facteurs comme l'engagement de ses partenaires de mission (acteurs 8 et 9) vis-à-vis de l'équipe, bien que pour des raisons différentes. En effet comme nous l'avons vu l'acteur 8 avait peut de liens avec le reste de l'équipe avant le début du projet ou en parallèle (voir B_{2.1} et B_{2.2}) ce qui a pu freiner son intégration au moment de la mise en place des relations et des routines de travail en début d'exercice. L'acteur 9, dont nous analyserons le comportement dans les parties suivantes, est systématiquement un des acteurs avec les plus faibles centralités pour les échanges informels et formels.

De plus, étant dans la position la plus critique, c'est l'acteur 7 qui avait le plus besoin de cette stratégie de rapprochement transversal avec le reste du groupe. Une fois la stratégie mise en place lors de la phase de modélisation, il était plus simple de reproduire cette stratégie lors de la dernière phase.

Finalement l'acteur 7 a été placé dans une position difficile du point de vue de ses missions et de son expérience subjective de l'exercice par l'organisation prescrite. Cela l'a poussé à adopté une stratégie particulière qui l'a placé dans un positionnement également particulier dans l'équipe. On constate ici que le système d'action concret est orienté par l'organisation prescrite mais que la réponse qui est apportée aux problèmes que celle-ci pose relève du choix des acteurs, elle prend place au sein de la marge de liberté laissée par l'organisation prescrite.

6.2.2.2 Analyse de l'acteur 11 : un rôle hors du leadership et assis sur une position concrète, l'harmonisateur

L'acteur 11 (FL, CO) est un des acteurs ayant un leadership lors du projet. Cependant ce leadership ne s'exerce que pendant une phase pour le groupe de modélisation. Par ailleurs, l'acteur 11 possède une position particulière aux seins des échanges dans l'équipe (fig.60), il est systématiquement l'acteur le plus central du point de vue des centralités de degrés et de proximité pour les échanges formels et informels. Cette centralité ne se retrouve cependant pas au niveau de la centralité d'intermédiation. Par ailleurs, c'est également l'acteur ayant le plus de relation avec la seconde équipe de projet (tab. 3, 1.2.3).

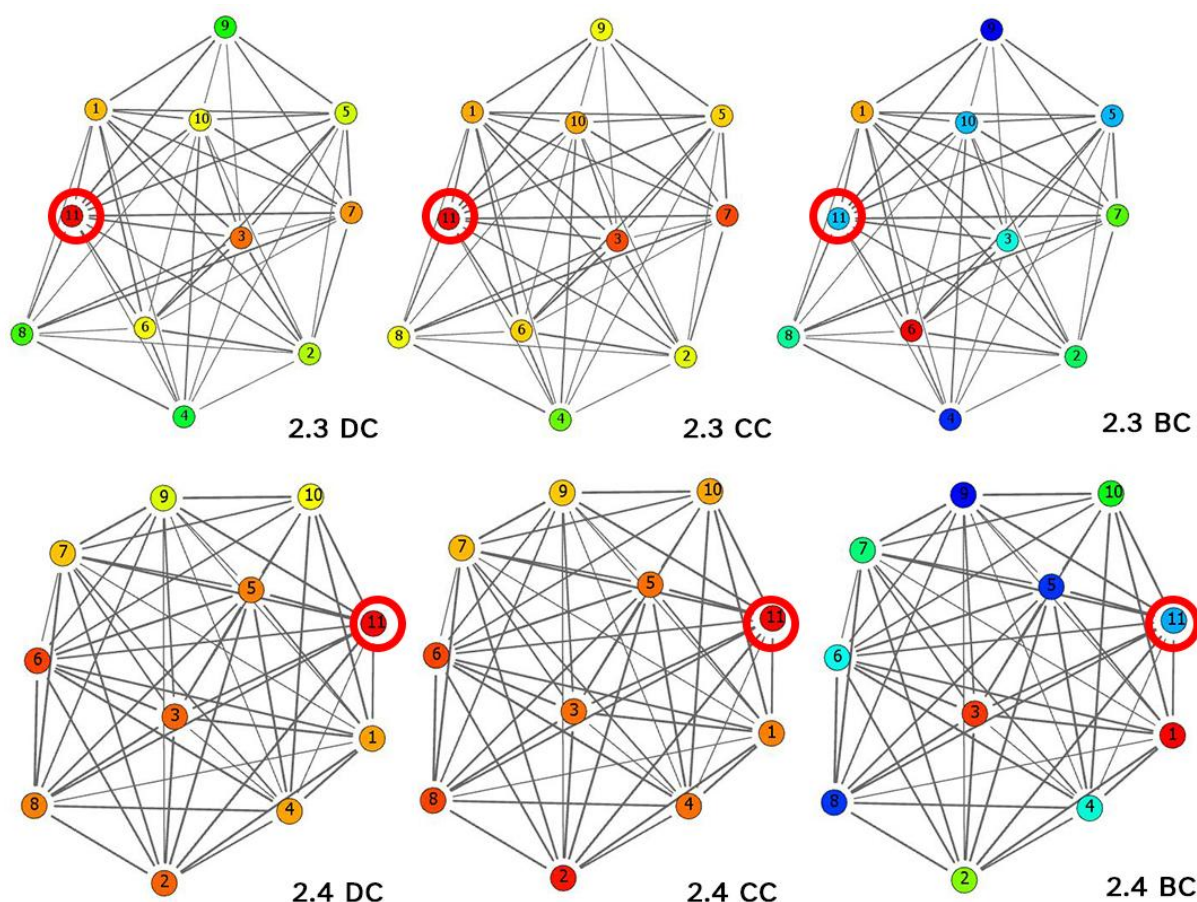


Figure 60 Synthèse des trois centralités pour les graphes C2.3 et E2.4, acteur 11

Pour mieux comprendre ces paramètres et le rôle qu'ils impliquent pour l'acteur 11, il peut être utile de mieux comprendre les usages associés à ces relations informelles et formelles. Pour cela nous nous baserons sur le travail de Calixte (2021). Celle-ci associe en effet des usages récurrents liés à certains types d'interactions. Ainsi il est constaté que les relations de type informelles correspondent majoritairement à deux usages : « questionner un acteur » et « invalider une proposition informelle ». De la même manière les relations formelles correspondent majoritairement aux usages « suivre l'avancement du projet » et « invalider une proposition formelle ». Ces usages reprennent donc deux fonctions. Une première fonction de prise de décision ou de mise en cohérence des acteurs et une seconde fonction d'information et de construction d'une compréhension des problématiques du projet.

Ainsi, le positionnement de l'acteur 11 au centre de des interactions de l'équipe traduit une plus forte fréquence de ses usages chez lui. Cette position semble rejoindre la description du rôle d'*harmonisateur* proposé par Calixte : un acteur chez lequel l'activité de collaboration est significativement plus importante que chez les autres acteurs. L'harmonisateur « [...] doit s'entretenir et s'informer régulièrement du travail en cours, mais également jouer le rôle d'intermédiaire entre les acteurs concepteurs, les experts invités, les ingénieurs et les partenaires extérieurs. » (Calixte 2021). L'activité de l'harmonisateur, y compris son activité non collaborative, est plus tournée vers la coordination du projet plus que vers sa matérialisation même. L'harmonisateur semble être un profil rare au sein de l'équipe, voir unique.

Bien sur, l'acteur 11 faisant partie du groupe de coordination, il paraît logique qu'il recouvre ce rôle d'harmonisateur. Cependant les deux autres membres du groupe ne semblent pas partager la même position dans l'organisation concrète de l'équipe. Les

rapports tendent à confirmer ce rôle spécifique. Ainsi les descriptions du reste de l'équipe se concentrent sur la présence et la disponibilité de l'acteur 11, particulièrement à l'échelle de l'équipe : « *Très disponible pour aider et de bon conseil* », « *très à l'écoute, toujours disponible pour aider, soutenir et gérer les soucis techniques* », « *probablement la personne la plus réactive du groupe* », « *Un dévouement impressionnant en termes d'énergie et de temps pour aider les autres à l'échelle de l'équipe.* ».

La description de l'acteur 11 de sa propre articulation au sein de groupe va également dans ce sens :

« *Ces connaissances supplémentaires et mon aisance avec les autres ont fait que j'étais la personne qui résolvait les nombreux problèmes lors des modélisations, ce qui m'apportait parfois de forte [charges] de travail ne sachant pas refuser d'aider mes équipiers.* »

On aperçoit aussi que ce rôle de l'acteur 11 se colore d'une dimension technique liée à une plus forte maîtrise des outils avant le début de l'exercice.

L'acteur 11 est un acteur qui a pris un rôle concrétisé, matérialisé, par une position dans l'organisation concrète de l'équipe. Ce rôle relève de la régulation autonome même si il est partiellement conditionné par la présence de l'acteur 11 dans le groupe de coordination. Enfin, même si ce rôle est conscient et plutôt explicite au sein de l'équipe, il est difficile de déterminer si il est à proprement parlé le fruit d'une stratégie de l'acteur ou de la conjonction d'éléments contingents, l'expérience et le caractère de l'acteur, sa vision de sa mission de coordination et d'un besoin de l'organisation.

Dans ce cas le système d'action concret s'est construit à partir de l'organisation prescrite en spécialisant la fonction donnée à un de ses membres pour pourvoir aux besoins de l'action.

6.2.2.3 Analyse de l'acteur 5 : au-delà du leadership structurel et du positionnement

Nous l'avons vu, les positions de coordinateurs sont associées au leadership du fait de la structuration prescrite du projet. Cependant au sein des coordinateurs l'acteur 5 (EN, CO) semble avoir un leadership. Ce leadership semble également apparaître à l'échelle de l'équipe. Par ailleurs le positionnement de l'acteur 5 ne semble pas particulier sur les graphes d'échanges (fig.61), il n'apparaît pas comme un acteur central dans les échanges.

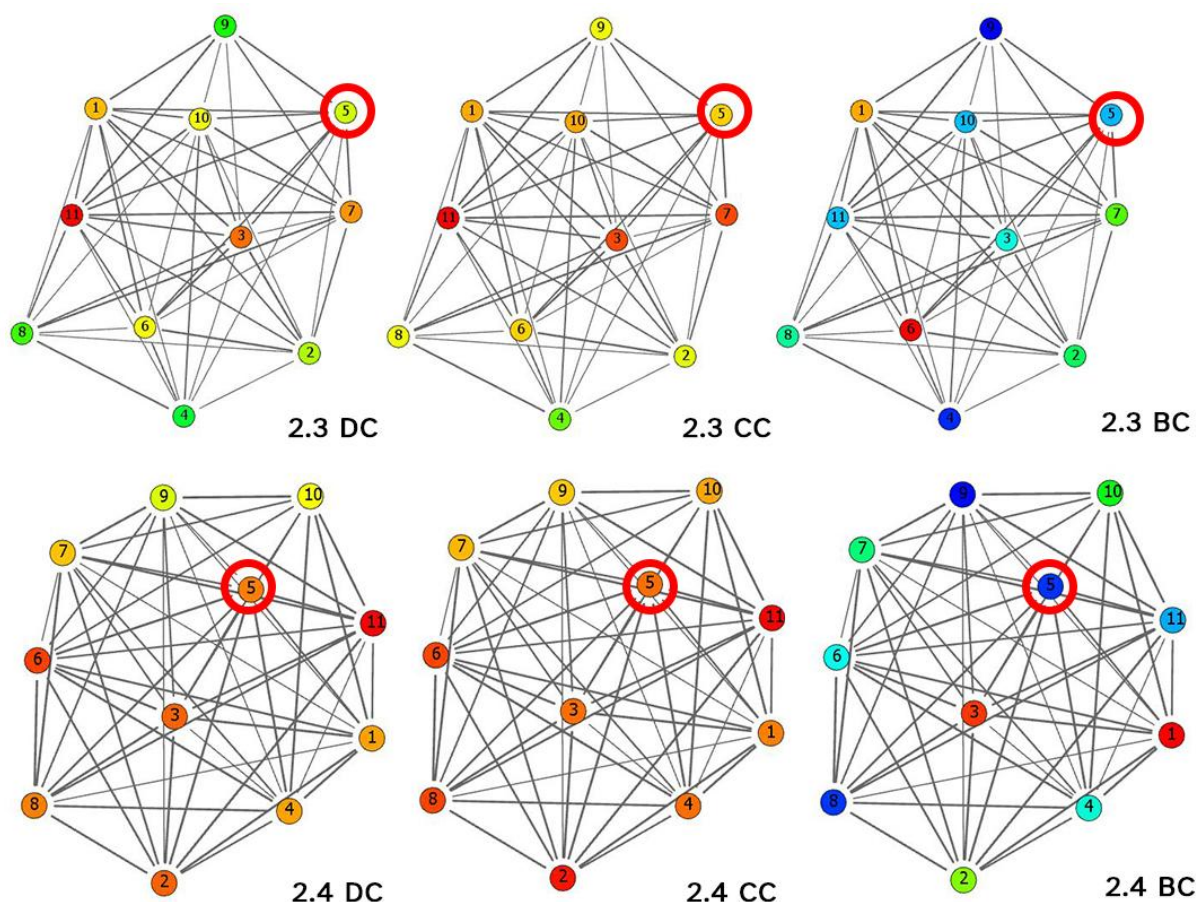


Figure 61 Synthèse des trois centralités pour les graphes C2.3 et E2.4, acteur 5

Le leadership à l'échelle de l'équipe transparait dans plusieurs rapports. On retrouvera, par exemple, dans la partie « description des profils en groupe » des rapports personnels plusieurs termes utilisés uniquement pour décrire l'acteur 5 et propres au champ lexical associé au leadership : « *beaucoup de prises d'initiatives* », « *Tranche facilement* », « *bon arbitre* », l'acteur 5 a « *le charisme nécessaire pour mener son groupe* », ou encore « *Personne [...] prenant naturellement le leadership du projet* ». De la même manière c'est l'acteur 5 qui a été chercher des retours d'expérience auprès des élèves ayant participé à SDC BIM l'année précédente dans l'optique de choisir une plateforme de collaboration BIM, ce qui accrédite une participation à la prise de cette décision.

Le leadership au sein du groupe de coordination semble pouvoir s'expliquer son leadership à l'échelle de l'équipe, le différenciant ainsi des acteurs 2 et 11. Les rapports personnels suggèrent que ce leadership dans le groupe de coordination a été pris de façon assez naturelle : « *[L'acteur 5] n'a jamais hésité à prendre le leadership sur la coordination car la gestion d'équipe correspond vraiment à son domaine phare* ». Cela semble aussi être lié au caractère et à l'expérience de l'acteur.

Ce leadership existe donc indéniablement. Cependant, ce leadership ne s'incarne pas dans un positionnement particulier au sein des échanges de l'équipe. Par ailleurs rien dans l'organisation prescrite ne différencie suffisamment l'acteur 5 des autres membres du groupe de coordination pour l'expliquer. La même remarque peut être faite pour les relations des graphes B_{2.1} et B_{2.2}, ce leadership ne vient pas d'une intégration à des structures différentes de celles de l'équipe. En somme, le leadership de l'acteur 5 sur l'équipe est partiellement conditionné par sa participation à la mission de coordination mais pas n'est pas contraint. Le

fait que ce soit l'acteur 5 qui ai acquis ce leadership et pas se coéquipiers coordinateur semble donc être issu d'une stratégie, au sens d'une régularité de comportement de l'acteur. Il reste cependant difficile de déterminer l'intentionnalité de cette stratégie et la part d'interstructuration avec les stratégies des deux autres coordinateurs.

En somme ce leadership existe indéniablement mais ne se matérialise pas par une position spécifique dans l'organisation issue des régulations de contrôle ni dans le réseau d'échange de l'organisation. C'est un leadership en partie issue de l'organisation prescrite et en partie issu d'une stratégie.

6.2.2.4 Analyse de l'acteur 9 : choix de stratégie et leadership acquis

Le dernier acteur que nous étudierons est l'acteur 9 (FL, FM). Celui-ci exerce un leadership dans son groupe de modélisation de manière brève mais a surtout le leadership dans son groupe d'exploitation. Par ailleurs, il possède un positionnement très spécifique dans les échanges au sein du groupe (fig.62) en étant un des membres avec les plus faibles centralités pour les échanges informels et formels, et ce malgré une position qui n'est pas défavorable dans les graphes B_{2.1} et B_{2.2}. Cela peut sembler étrange tant nous avons pu relier la notion de pouvoir à la possession de l'information (cf. 2.3). Par ailleurs, contrairement aux autres leaderships constatés, celui-ci n'est pas relié à une position particulière dans l'organisation prescrite.

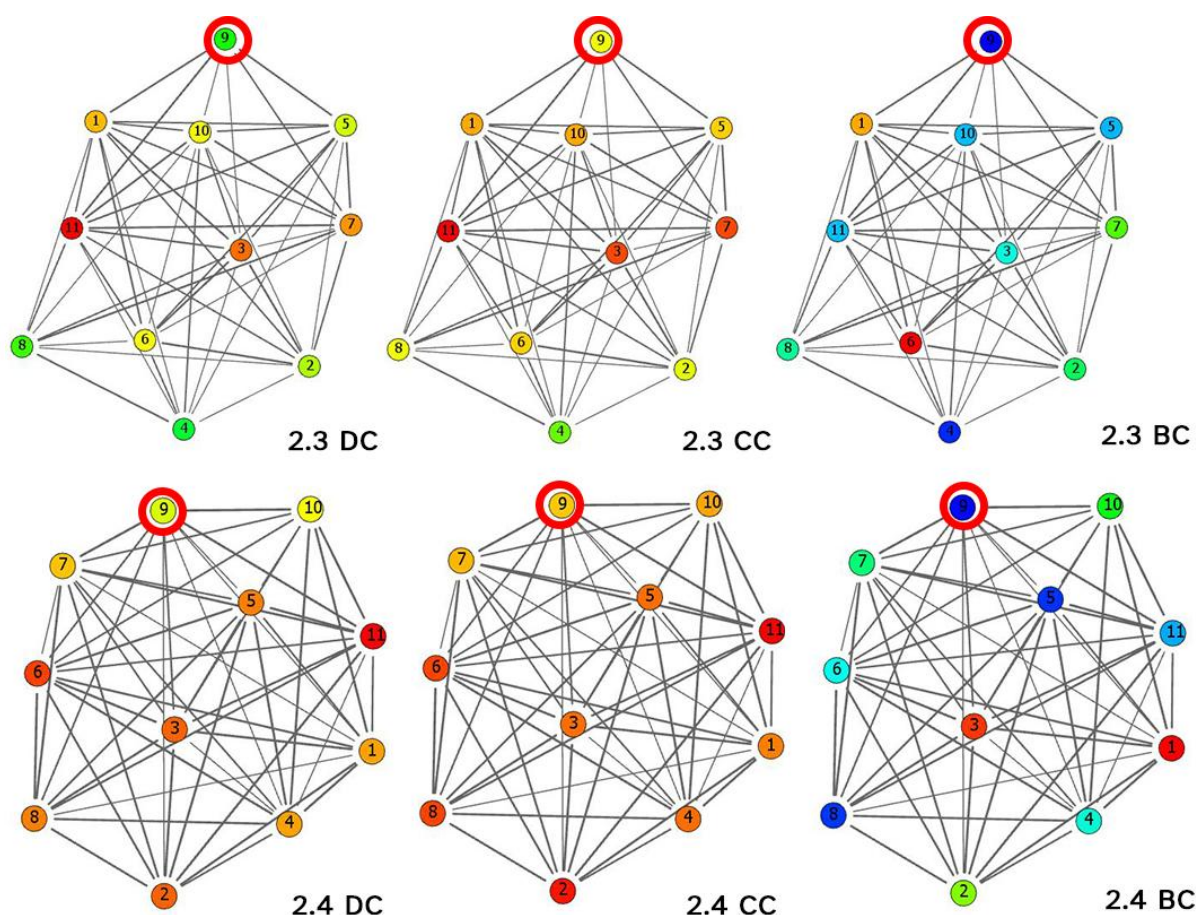


Figure 62 Synthèse des trois centralités pour les graphes C2.3 et E2.4, acteur 9

Cette position de retrait dans les échanges de l'équipe est d'autant plus étrange que les acteurs avec qui il partage cette position ont tous des raisons plus ou moins évidentes (charges de travail personnel supplémentaire, problème de matériel les mettant en marge du

workflow, etc.) de s'y trouver. Au contraire l'acteur 9 est potentiellement bien intégré au groupe et ne semble pas pâtir d'éléments contingents. Pire encore l'acteur 9 dispose, à l'avis général, d'une très bonne compétence technique.

En fait ce qu'on constate c'est que ce leadership et cette position étrange dans le groupe qui l'accompagne sont deux conséquences d'une stratégie de désengagement social vis-à-vis de l'équipe. Ce choix de stratégie est explicité dans son rapport personnel :

« *De ce fait j'ai plutôt cherché une indépendance, tout en conservant une communication avec quelques profils du groupe.* »

Concrètement cette stratégie se matérialise par un choix explicite de ses interlocuteurs et une absence quasi systématique lors des moments de synchronisation à l'échelle de l'équipe. Ce choix lui permet en réalité de rendre les informations le concernant plus rares. Plutôt que de choisir d'obtenir le plus d'informations possible pour réduire son niveau d'incertitude et gagner en pouvoir dans ses relations, il a fait augmenter artificiellement l'incertitude des autres membres de l'équipe à son égard, ce qui permet d'expliquer ce leadership et son positionnement particulier dans les échanges. Cette position semble donc être la source de son leadership.

Remarquons que ce choix est en partie rendu possible par les conditions du projet. Il dispose d'informations suffisantes pour remplir ses tâches du fait de la mise à disposition massive de données à travers la maquette BIM mise à jour en temps réel (A360) et des conversations ouvertes sur Microsoft Teams et Messenger.

De plus si l'enjeu pour l'équipe est la réalisation du projet, l'acteur en tant qu'individu possède également deux autres enjeux : acquérir des connaissances et savoir faire et recevoir une note positive en fin de projet. L'acteur 9 ayant déjà une compétence technique forte, cet enjeu est pour lui plus réduit que pour d'autres. De plus, la notation est à la fois basée sur les résultats obtenus dans le projet personnellement et en équipe et sur le rendu réflexif du rapport personnel. Ayant effectué sa part du travail personnel et le nombre d'acteur dans le groupe dissolvant en partie sa responsabilité en cas d'échec, la régulation de contrôle que constituait la notation de l'exercice avait également peu de prise sur lui.

Nous pourrions également nous interroger sur les conséquences sur la confiance dans le groupe, notamment à long terme. Dans le cadre d'un projet réel durant plusieurs mois voir des années ou d'une équipe stable sur cette échelle de temps, cette stratégie n'aurait peut-être pas été tenable. Là encore, nous pouvons constater l'influence de la régulation de contrôle séquentielle absolue de l'organisation.

Ici, on est bien face à un choix spontané et conscient de stratégie. Ce choix en partie explicite et se traduit concrètement par un positionnement dans l'équipe et un rôle de leader à l'échelle des groupes, malgré une absence quasi totale des moments d'échanges formels au sein de l'équipe entière. Contrairement à la stratégie de l'acteur 7, qui était *en réaction* à une position dans la régulation de contrôle relationnelle, cette stratégie n'est pas directement conditionnée par la régulation de contrôle mais reste influencée par celle-ci.

Pour conclure, nous ne jugerons pas cette stratégie d'un point de vue moral, ni même fondamentalement comme une mauvaise chose pour l'équipe. En effet, l'acteur 9 a finalement apporté une grande partie de ce qu'il avait à apporter à celle-ci, il a fait sa part et les objectifs finaux ont été atteints. Cette stratégie n'a pas mis en péril la réussite des objectifs de l'équipe.

Il faut plutôt voir cette stratégie comme un choix dissonant mais qui reste dans le cadre défini par la régulation de contrôle. En revanche la réaction négative de certains autres membres du groupe nous renseigne sur la régulation autonome de celui-ci : il semble implicitement attendu une collaboration de bonne foi et une communication hors des relations définies par la régulation de contrôle. Cela pose beaucoup de questions sur la manière dont la régulation de contrôle, et donc le protocole BIM, est perçue. Il semble tacitement admis que ce protocole sera de toute façon partiel, les acteurs ont parfaitement

conscience de l'importance des relations hors du cadre formel et sont prêts à le dépasser en créant d'autres régulations de façon autonome. En sommes les acteurs semblent conscients des libertés laissés par la régulation de contrôle et convaincus de la nécessité de la compléter par une régulation autonome.

6.3 Conclusion de la discussion

Cette discussion autour de nos résultats et les analyses qui ont pu en être tirées permettent de mettre en évidence plusieurs points.

Premièrement, l'organisation prescrite structure le système d'action concret à travers des régulations de contrôle relationnelles et séquentielles. Même sans chercher explicitement à définir de positions de force dans l'organisation, la définition *a priori* d'un organigramme et du déroulement temporel basique des tâches assignées à une organisation semble créer de fait des inégalités entre les acteurs composant ce groupe. Elles sont de natures diverses : accès à l'information, intégration dans le workflow ou encore marges de manœuvres stratégiques des acteurs. Ces inégalités et leur répartition forment la base de l'organisation concrète et conditionnent fortement les positions, les rôles et les stratégies des acteurs. Ainsi dans notre cas certaines positions dans l'organigramme, associées au déroulement temporel concret des tâches, ont pu être reliées directement à des leaderships ou des positions de faible intégration.

En sommes les régulations de contrôles appliquées à l'organisation conditionnent partiellement, mais efficacement, le déroulement de l'action et ce au-delà même des effets explicitement prévus par les régulateurs.

Cette discussion aura également permis de montrer qu'une organisation BIM ne fait pas exception, elle est elle aussi soumise à ces problématiques. Cela est vrai malgré ses outils de gestion et de partage ouvert de l'information, sa formalisation et sa réflexivité sur l'organisation, et même dans notre cas d'étude malgré la forte homogénéité de statut et de formation au sein de l'équipe. Si l'adoption du BIM est un changement radical des méthodes de coordination techniques et est un vecteur de changements au sein des organisations, elle ne change cependant pas la nature même des relations de pouvoirs en son sein.

Deuxièmement, nous avons pu montrer que l'organisation prescrite laisse d'importantes marges de liberté aux acteurs, les obligeant même parfois à devoir adopter une régulation autonome pour pouvoir effectuer les tâches qui leurs sont dévolues. Les acteurs se servent effectivement de ces marges pour adopter des stratégies originales. Un certain consensus semble présent parmi les acteurs quant aux stratégies souhaitables ou non, ce qui constitue une régulation autonome en soi. Cette régulation ne suffit cependant pas à contraindre complètement le système d'action concret puisque certains acteurs peuvent adopter des stratégies *a priori* rejetées par les autres acteurs mais qui s'avèrent payantes, du point de vue des dits acteurs, dans leur relation au reste de l'équipe, sans remettre en cause le système dans son ensemble.

Dans notre cas d'étude c'est par exemple ce qui transparait dans l'analyse des stratégies des acteurs 7 et 9. Ces deux stratégies, par ailleurs intimement liées, répondent toutes deux à des préoccupations propres aux acteurs et à leurs positions et ont eu des effets très différents sur le déroulement du projet.

Les marges de manœuvre laissées aux acteurs par le système, et les stratégies qui en découlent, doivent donc être perçues par le régulateur à l'origine de la structuration prescrite de l'organisation à la fois comme sources d'incertitudes et comme éléments d'adaptation potentiels. L'approche que nous proposons ici nous semble avoir le potentiel pour dépasser le cadre de l'analyse et devenir une approche utile au régulateur ou au superviseur d'un projet BIM.

Nous avons également pu mettre en évidence que le positionnement d'un acteur dans le réseau d'échange de l'équipe n'est pas directement relié au leadership tel que nous l'avons défini. Ce positionnement permet en revanche de détecter et de confirmer certaines stratégies des acteurs.

Notre étude du réseau d'échange est cependant limitée de part son échelle temporelle très générale et de part la non prise en compte des échanges effectués indirectement, à travers la maquette BIM notamment. Cet angle mort de la présente étude peut être compensé par des processus d'acquisition de données instrumentés et plus complexes que permet le BIM (Wang et al. 2020).

Enfin, l'utilisation de méthodes issues de l'analyse des réseaux sociaux permet de mettre en évidence et de formaliser les inégalités issues des régulations de contrôle. Ce type d'analyse permet donc d'aller au-delà de l'étude des régulations de contrôle, qui restent un ensemble principalement conceptuel, pour aller explorer la concrétisation, la matérialité, de l'organisation.

A ce titre l'approche nous semble porteuse pour compléter ou contextualiser des approches plus ciblées, sur la relation entre organisation et technique ou l'étude de la collaboration dans son approche cognitive par exemple.

7 Conclusion

7.1 Synthèse

Le BIM s'inscrit dans la grande histoire de l'évolution conjointe des techniques et des organisations. Déterminer sa place exacte reste cependant une tâche ardue à laquelle le présent travail aura cherché à apporter sa contribution, aussi minime soit-elle. C'est bien là tout le sens de la recherche, même dans le cadre d'un travail de fin d'études.

C'est à cette tâche que tente de participer notre proposition de l'hypothèse d'un « récit BIM ». Hypothèse qui adjoint au questionnement sociotechnique une dimension culturelle et créer finalement plus de questions que de réponses. Cette approche nous semble constituer la première originalité de notre démarche. Cependant, la vérification ou le développement de cette hypothèse n'est pas chose aisée, ni même réalisable dans le cadre de ce travail. Aussi, nous avons recentré notre recherche sur la comparaison au niveau organisationnel entre le récit et la réalité, ou plus exactement sur les moyens propres à la compréhension de cette réalité organisationnelle pour pouvoir éventuellement envisager la comparaison.

Cette recherche des moyens de l'analyse s'est tournée vers deux éléments. D'abord la SNA, en tant que mode de description et d'analyse formelle du réel, qui a déjà été utilisée sur des projets BIM. La sociologie des organisations a ensuite été utilisée comme moyen d'analyse, en prenant la SNA comme support. Ces outils ont été mis au service de l'analyse de l'articulation des acteurs au sein d'un projet BIM.

Le projet Studio Digital Collaboratif BIM 2020-2021 a été notre terrain d'expérimentation choisi pour mener cette analyse. L'organisation prescrite ainsi que la collaboration concrète d'une équipe de onze acteurs ont pu être analysées sur base de la documentation de l'exercice, des données produites par les acteurs eux-mêmes lors du projet et à propos du projet, complétée par l'acquisition de données complémentaires.

Cette analyse nous aura d'abord permis de montrer l'articulation entre l'organisation prescrite du projet, imprégnée du récit BIM, et le système d'action concret qui y a pris place. L'organisation prescrite en limitant leurs domaines d'action et leurs responsabilités oriente la collaboration concrète des acteurs. Elle place certains acteurs dans des positions propices à certaines stratégies. Par ces régulations relationnelles et séquentielles, l'organisation prescrite n'est cependant pas suffisante pour structurer le système d'action concret : les acteurs sont contraints de faire des choix organisationnels pour mener leur action collective. Choix qui se traduisent notamment par la co-rédaction d'un protocole BIM, formalisant certaines décisions. Ensuite, l'analyse des stratégies de certains acteurs montre que même une fois ces choix organisationnels pris, les acteurs disposent de marges de liberté suffisantes pour adopter des stratégies qui modulent le système d'action concret sans remettre en cause son existence.

7.2 Limites et perspectives

A travers nos deux outils d'analyse, nous avons donc pu étudier et caractériser, sur base d'éléments concrets, l'articulation des acteurs au sein d'un projet BIM. Cependant, du fait de plusieurs limites de l'expérience, cette description du système d'action concret reste partielle. L'analyse stratégique des acteurs de l'équipe demande tout d'abord un travail conséquent. Ensuite, si nous avons considéré les cas de stratégies les plus saillants dans le projet, nous ne pouvons pas affirmer que tous les acteurs auraient pu faire l'objet d'une telle analyse sur la base des données récoltées dans ce travail.

Plusieurs pistes sont envisageables pour affiner ces données. Tout d'abord l'enquête elle-même nous semble très perfectible. Ensuite, les données récoltées l'ont été *a posteriori* et principalement à l'échelle du projet dans toute sa durée. Une récolte de données différenciée temporellement, sur base des grandes phases temporelles ou logiques du projet ou sur une base hebdomadaire, et surtout en cours de projet, nous semble constituer une première base d'amélioration de la robustesse des données et de leur affinement. La méthode même de récolte limite notre analyse. Nous avons en effet principalement utilisé des données déclaratives récoltées à l'aide d'une enquête auto-administrée et des rapports personnels des élèves. Deux solutions nous semblent porteuses pour pallier à cela. D'abord, la conduite d'entretiens personnels permettrait de compléter les données issues des rapports personnels. C'est par ailleurs la méthode préconisée pour les analyses stratégiques (Crozier et Friedberg 1977). Ensuite, l'utilisation massive d'outils numériques de modélisation, de communication et de transfert de données crée une masse considérable de données propres à alimenter une analyse de réseaux sociaux (Wang et al. 2020; Lee et al. 2018).

Le traitement des données est également soumis à plusieurs hypothèses qui n'ont pas empêché l'analyse mais la limitent tout de même. Nous citerons notamment : le mode de traitement des leaderships issus des rapports personnels, le mode de symétrisations des matrices d'adjacences issues du questionnaire et l'échelle de fréquence des échanges dans le questionnaire ainsi que les coefficients de pondération qui l'accompagnent.

Notre travail connaît d'autres limites de manière générale.

D'abord nous n'avons étudié qu'un seul cas. Ensuite, ce cas d'étude est un projet scolaire mettant en jeu des acteurs à la sociologie très particulière, notamment par son homogénéité.

Nous avons très peu pris en compte l'aspect proprement sociotechnique de la collaboration. Ainsi les modes des communications et d'échanges de données, n'ont pas ou peu été étudiés. De la même manière, la place de la représentation numérique partagée, la maquette BIM, n'a pas été étudiée. Elle correspond pourtant à une des grandes spécificités du BIM et sûrement à son incarnation la plus directe et matérielle au sein du projet. Si cela peut être argumenté par la position « constructiviste » de la sociologie des organisations (cf 2.3.2.1), il nous semble que son influence mérite tout de même d'être étudiée.

L'effet de l'environnement du système d'action concret, notamment sa relation avec l'autre équipe de projet et les relations internes à l'équipe étudiée, a été mesurée mais peu exploitée. Cette influence peut être riche d'apprentissage mais ne sera surtout pertinente à étudier que dans un cadre professionnel.

La plupart de ces limites constituent en soi des pistes pour la création d'une méthode d'analyse complète du système d'action concret d'un projet BIM.

La première perspective de ce travail que nous envisageons est l'utilisation de l'approche proposée pour contextualiser et compléter des recherches scientifiques faisant intervenir des organisations.

Une seconde perspective, qui est également celle d'autres recherches (Wang et al. 2020; Maskil-Leitan et Reyhav 2018), est l'amélioration de la construction et du management de projet BIM.

Enfin, l'exploitation de l'idée de « récit BIM » et des raisonnements que celle-ci ouvre nous semble être une piste de compréhension du BIM en tant qu'objet de recherche et une perspective à considérer, quoique plus lointaine.

Bibliographie :

- Alsène, Eric. 1990. « Les impacts de la technologie sur l'organisation ». *Sociologie du travail* 32 (3): 321- 37. <https://doi.org/10.3406/sotra.1990.2513>.
- Badi, Sulafa, et Dimitra Diamantidou. 2017. « A Social Network Perspective of Building Information Modelling in Greek Construction Projects ». *Architectural Engineering and Design Management* 13 (6): 406- 22. <https://doi.org/10.1080/17452007.2017.1307167>.
- Bareka, Ambark, et Zhen Chen. s.d. « A LIFECYCLE-ORIENTED SNA FRAMEWORK FOR BIM ADOPTION IN MAJOR CONSTRUCTION PROJECT », 3.
- Barthes, Roland. 1966. « Introduction à l'analyse structurale des récits ». *Communications* 8 (1): 1- 27. <https://doi.org/10.3406/comm.1966.1113>.
- Beltran, Alain. 2010. « Arrivée de l'informatique et organisation des entreprises françaises (fin des années 1960-début des années 1980) ». *Entreprises et histoire* 60 (3): 122. <https://doi.org/10.3917/eh.060.0122>.
- Boissieu, Aurélie de. 2014. « Evaluer et développer une pratique BIM dans l'ingénierie du bâtiment », 10.
- Boissieu, Aurélie de, Sandra Marques, Annie Guerriero, Bernard Ferries, et Sylvain Kubicki. 2016. « Maturité et mesure du Retour Sur Investissement d'opérations BIM », 13.
- Boton, Conrad, et Daniel Forgues. 2019. « Comprendre l'impact du numérique sur la gestion de projet en construction ». *Lien social et Politiques*, n° 81 (février): 41- 60. <https://doi.org/10.7202/1056303ar>.
- Calixte, Xaviera, Guillaume Gronier, Samia BEN Rajeb, et Pierre Leclercq. 2018. « Impact des outils numériques de communication et d'échanges d'information dans les processus de conception collaborative », 14.
- Cooper, Robert, et Michael Foster. 1971. « SOCIOTECHNICAL SYSTEMS », 8.
- Coutant, Alexandre. 2015. « Les approches sociotechniques dans la sociologie des usages en SIC ». *Revue française des sciences de l'information et de la communication*, n° 6 (janvier). <https://doi.org/10.4000/rfsic.1271>.
- Crozier, Michel, et Erhard Friedberg. 1977. *L'acteur et le système: les contraintes de l'action collective*. Points 248. Paris: Éd. du Seuil.
- Darses, Françoise. 2009. « Résolution collective des problèmes de conception ». *Le travail humain* 72 (1): 43. <https://doi.org/10.3917/th.721.0043>.
- Darses, Françoise, et Pierre Falzon. 1994. « LA CONCEPTION COLLECTIVE : UNE APPROCHE DE L'ERGONOMIE COGNITIVE », 12.
- Détienne, Françoise, Jean-François Boujut, et Betty Hohmann. 2004. « Characterization of Collaborative Design and Interaction Management Activities in a Distant Engineering Design Situation ». *Cooperative Systems*, 18.
- Gallaher, Michael P., Alan C. O'Connor, John L. Dettbarn, Jr., et Linda T. Gilday. 2004. « Cost Analysis of Inadequate Interoperability in the U.S. Capital Facilities Industry ». NIST GCR 04-867. National Institute of Standards and Technology. <https://doi.org/10.6028/NIST.GCR.04-867>.
- Giboin, Alain. 2004. « LA CONSTRUCTION DE RÉFÉRENTIELS COMMUNS DANS LE TRAVAIL COOPÉRATIF », 26.

- Gronier, Guillaume, et Jean-Claude Sagot. 2008. « Le rôle des communications dans les projets de conception de produits : Comparaison des situations de travail collectif en présence et à distance », 13.
- Ishak, Siti Salwa Mohd, Muneera Esa, et Mohd Harris Ismail. s. d. « SOCIAL CAPITAL, SOCIAL NETWORK AND DIFFUSION OF BIM PRACTICES », 11.
- Kasim, N, N A Zainal Abidin, R Zainal, N Sarpin, M H I Abd Rahim, et M Saikah. 2017. « Best Practices of Building Information Modelling (BIM) Implementation in Design Phase for Construction Project ». *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 271 (novembre): 012038. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/271/1/012038>.
- Kassem, Mohamad, Nahim Iqbal, Graham Kelly, Stephen Lockley, et Nashwan Dawood. 2014. « BUILDING INFORMATION MODELLING: PROTOCOLS FOR COLLABORATIVE DESIGN PROCESSES », 25.
- Kintsch, Walter, et Teun A. Van Dijk. 1975. « Comment on se rappelle et on résume des histoires ». *Langages* 9 (40): 98- 116. <https://doi.org/10.3406/lgge.1975.2300>.
- Krackhardt, David. 1990. « Assessing the Political Landscape: Structure, Cognition, and Power in Organizations ». *Administrative Science Quarterly* 35 (2): 342. <https://doi.org/10.2307/2393394>.
- Lea, G., A. Ganah, J. Goulding, et N. Ainsworth. 2015. « Identification and Analysis of UK and US BIM Standards to Aid Collaboration ». In , 505- 16. Bristol, UK. <https://doi.org/10.2495/BIM150411>.
- Lee, Cen-Ying, Heap-Yih Chong, Pin-Chao Liao, et Xiangyu Wang. 2018. « Critical Review of Social Network Analysis Applications in Complex Project Management ». *Journal of Management in Engineering* 34 (2): 04017061. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ME.1943-5479.0000579](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000579).
- Maskil-Leitan, Reuven, Ury Gurevich, et Iris Reyhav. 2020. « BIM Management Measure for an Effective Green Building Project ». *Buildings* 10 (9): 147. <https://doi.org/10.3390/buildings10090147>.
- Maskil-Leitan, Reuven, et Iris Reyhav. 2018. « A Sustainable Sociocultural Combination of Building Information Modeling with Integrated Project Delivery in a Social Network Perspective ». *Clean Technologies and Environmental Policy* 20 (5): 1017- 32. <https://doi.org/10.1007/s10098-018-1526-2>.
- « National BIM Standard - United States® Version 3 - 3 Terms and Definitions ». 2015, 38.
- « National Building Information Modeling Standard Version 1 - Part 1: Overview, Principles, and Methodologies ». 2007, 183.
- « PROTOCOLE BIM BELGE. PROTOCOLE DE REFERENCE NATIONAL POUR LES BATIMENTS ». 2018, 79.
- Reynaud, Jean-Daniel. 1988. « Les régulations dans les organisations: Régulation de contrôle et régulation autonome ». *Revue Française de Sociologie* 29 (1): 5. <https://doi.org/10.2307/3321884>.
- Tai, Shuangliang, Yao Zhang, et Ting Li. 2021. « Factors Affecting BIM Application in China: A Social Network Model ». *Journal of Engineering, Design and Technology* 19 (2): 373- 84. <https://doi.org/10.1108/JEDT-12-2019-0330>.
- Wang, Yongqi, Vimal Kumar Thangasamy, Zhaoqi Hou, Robert L.K. Tiong, et Limao Zhang. 2020. « Collaborative Relationship Discovery in BIM Project Delivery: A Social Network Analysis Approach ». *Automation in Construction* 114 (juin): 103147. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103147>.

Wu, Chengke, Bo Xu, Chao Mao, et Xiao Li. 2017. « OVERVIEW OF BIM MATURITY MEASUREMENT TOOLS », 30.

Table des figures

| | |
|---|----|
| Figure 1 Synthèse de la structuration de l'action collective | 22 |
| Figure 2 Exemple d'une matrice d'adjacence A et de son graphe équivalent | 26 |
| Figure 3 Exemple de chemins de 3 à 4 dans le graphe A | 27 |
| Figure 4 Centralités de degrés des nœuds de la matrice A en valeur et en échelle de couleur | 28 |
| Figure 5 Graphe de Krackhardt kite brut | 30 |
| Figure 6 Graphe de Krackhardt kite après analyse des centralités de degrés (DC), en échelle de couleur. | 30 |
| Figure 7 Graphe de Krackhardt kite après analyse des centralités de proximité (CC), échelle de couleur. | 31 |
| Figure 8 Graphe de Krackhardt kite après analyse des centralités d'intermédierité (BC), échelle de couleur. | 31 |
| Figure 9 Schéma de synthèse de la méthodologie mise en œuvre | 39 |
| Figure 10 Répartition des missions données aux acteurs par l'encadrement | 42 |
| Figure 11 Vue issue de la version initiale du projet | 43 |
| Figure 12 Synthèse de la chronologie du projet (rapport collectif) | 44 |
| Figure 13 Workflow synthétique de l'exercice | 45 |
| Figure 14 Synthèse générale de la structure prescrite du rapport personnel | 48 |
| Figure 15 Workflow général de la récolte de donnée | 50 |
| Figure 16 Récapitulatif des besoins de l'enquête | 55 |
| Figure 17 Exemple de présentation des questions de l'enquête. | 56 |
| Figure 18 Workflow traitement des données de l'organisation prescrite | 58 |
| Figure 19 Calendrier des 5 phases (rapport personnel) | 59 |
| Figure 20 Exemple hypothétique de matrice A de compilation du leadership pour une phase et un groupe quelconque | 59 |
| Figure 21 Matrice A des leaderships après le premier tri | 60 |
| Figure 22 Matrice A des leaderships après le second tri | 60 |
| Figure 23 Synthèse du workflow pour l'attribution des leaderships | 60 |
| Figure 24 Exemples des réponses compilées de la question 1.2.1 | 61 |
| Figure 25 Exemple du graphe 2.1, avant analyse, dans l'interface de SoNV | 63 |
| Figure 26 Workflow du calcul de la matrice d'adjacence C2.3 | 64 |
| Figure 27 Workflow du calcul de la matrice d'adjacence E2.4 | 65 |
| Figure 28 Graphe Om brut | 66 |
| Figure 29 Graphe Om, analyse DC, échelle de couleur | 66 |
| Figure 30 Graphe Oe brut | 67 |
| Figure 31 Graphe Oe, analyse DC, échelle de couleur | 67 |
| Figure 32 Graphe O brut | 68 |
| Figure 33 Graphe O, analyse DC, échelle de couleur | 68 |
| Figure 34 Graphe O, analyse BC, échelle de couleur | 69 |
| Figure 35 Graphe Omc brut | 70 |
| Figure 36 Graphe Omc, analyse DC, échelle de couleur | 70 |
| Figure 37 Graphe Omc, analyse BC, échelle de couleur | 71 |
| Figure 38 Graphe B _{2.1} brut | 74 |
| Figure 39 Graphe B _{2.1} , analyse DC, échelle de couleur | 75 |
| Figure 40 Graphe B _{2.1} , analyse BC, échelle de couleur | 76 |
| Figure 41 Graphe B _{2.2} , brut | 77 |
| Figure 42 Graphe B _{2.2} , analyse DC, échelle de couleur | 77 |
| Figure 43 Graphe B _{2.2} , analyse CC, échelle de couleur | 78 |
| Figure 44 Graphe B _{2.2} , analyse BC, échelle de couleur | 79 |
| Figure 45 Graphe C2.3, brut | 80 |
| Figure 46 Graphe C2.3, analyse DC, échelle de couleur | 80 |
| Figure 47 Graphe C2.3, analyse CC, échelle de couleur | 81 |

| | |
|---|-----|
| Figure 48 Graphe C2.3, analyse BC, échelle de couleur | 82 |
| Figure 49 Graphe E2.4, brut | 83 |
| Figure 50 Graphe E2.4, analyse DC, échelle de couleur | 84 |
| Figure 51 Graphe E2.4, analyse CC, échelle de couleur | 85 |
| Figure 52 Graphe E2.4, analyse BC, échelle de couleur | 86 |
| Figure 53 Organigramme donné aux élèves en début d'exercice | 88 |
| Figure 54 Phasage du projet adopté au sein es rapports personnels (rapport personnel) | 90 |
| Figure 55 Graphe de collaboration prescrite phase 2 | 91 |
| Figure 56 Graphe de collaboration prescrite phase 3 | 91 |
| Figure 57 Analyse des DC et BC des acteurs pour la phase 2, échelle de couleur | 92 |
| Figure 58 Analyse des DC et BC des acteurs pour la phase 3, échelle de couleur | 93 |
| Figure 59 Synthèse des trois centralités pour les graphes C2.3 et E2.4, acteur 7 | 98 |
| Figure 60 Synthèse des trois centralités pour les graphes C2.3 et E2.4, acteur 11 | 100 |
| Figure 61 Synthèse des trois centralités pour les graphes C2.3 et E2.4, acteur 5 | 102 |
| Figure 62 Synthèse des trois centralités pour les graphes C2.3 et E2.4, acteur 9 | 103 |

Table des tableaux

| | |
|--|----|
| Tableau 1 Tableau récapitulatif des rôles pédagogiques et rôles projet des encadrants | 45 |
| Tableau 2 Synthèse des leaderships | 72 |
| Tableau 3 Synthèse des résultats de la question 1.2 | 73 |
| Tableau 4 Synthèse des échange hors du cadre de SDC BIM | 73 |
| Tableau 5 Tableau des R(2.3) et R(2.4) pour chaque acteurs. | 86 |
| Tableau 6 Synthèse des leaderships | 94 |
| Tableau 7 Synthèse du nombre de relation pour les questions 1.2.1, 1.2.2, 2.1 et 2.3 | 95 |
| Tableau 8 Synthèse de la densité de graphes Omc (organisation prescrite phase 2), O (organisation prescrite phase 3), C2.3 (échanges informels), E2.4 (échanges formels) | 96 |
| Tableau 9 Synthèse R(2.3) et R(2.4) pour chaque acteurs. | 96 |