

Dynamique des systèmes et modélisation en groupe : Analyse des cadres opératoires

Bérard Céline Candidate au doctorat

École des sciences de la gestion, Université du Québec à Montréal

1290 rue St-Denis, Suite 5100, Montréal QC, H2X 3J6

Tel : (514) 987 3000, ext. 2945 ; Fax. (514) 987 3060

Berard.celine@courrier.uqam.ca

Résumé

L'objectif principal de cet article est d'analyser les cadres opératoires proposés dans la littérature en dynamique des systèmes, qui permettent de guider la conduite des projets de modélisation en groupe.

La dynamique des systèmes est une technique de modélisation et de simulation, qui favorise une meilleure compréhension des systèmes complexes et qui vise à supporter les processus décisionnels. De nombreux projets de modélisation utilisant la dynamique des systèmes ont été entrepris à ce jour pour résoudre des problématiques managériales et il peut être noté l'intérêt grandissant pour les projets de modélisation réalisés en groupe. En effet, il est de plus en plus suggéré que les différents intervenants, tant les chercheurs spécialisés sur une partie ou l'ensemble du système que les acteurs du système, devraient être directement impliqués dans le processus de modélisation. Cependant, il est particulièrement difficile d'avoir une vision globale de la démarche à suivre pour réaliser un projet de modélisation en groupe, en vue de représenter un système selon l'approche de la dynamique des systèmes. Par ailleurs, la précision et la documentation des projets de modélisation en groupe restent sommaires. De ce fait, les experts en dynamique des systèmes se posent souvent la question de savoir comment procéder pour réaliser un projet de modélisation en groupe.

Afin d'obtenir une vision globale des travaux de recherche d'ordre méthodologique relatifs à la modélisation en groupe par la dynamique des systèmes, cette recherche a conduit d'une part à l'identification des cadres opératoires clés et d'autre part, à leur classification en vue de leur analyse. Une grille d'analyse des cadres a donc été élaborée. Celle-ci s'est basée sur les travaux de Sterman (2000) et d'Andersen et al. (1997), et a permis de proposer une classification en fonction de deux composantes structurelles et de cinq composantes processuelles. En ce qui concerne la méthode de sélection des cadres opératoires pertinents pour cette recherche, une analyse systématique de la littérature a été effectuée. Les cadres sélectionnés ont été étudiés en profondeur, puis classifiés au regard des dimensions structurelle et processuelle.

L'analyse de ces différents cadres révèle que très peu de cadres opératoires adoptent une vision globale des projets de modélisation en groupe utilisant la dynamique des systèmes et qu'ils ne combinent que rarement les aspects à la fois structurels et processuels. Par ailleurs, les aspects structurels souffrent d'un manque de support méthodologique. En ce qui concerne plus spécifiquement les aspects processuels, la modélisation qualitative est davantage traitée dans la



littérature que la modélisation quantitative. De plus, trois enjeux principaux sont suggérés par cette recherche, soit la complexité de l'élucation des connaissances, la complexité de l'obtention de consensus au sein d'un groupe et l'importance cruciale des aspects de facilitation.

Mots clés : dynamique des systèmes, modélisation en groupe, cadres opératoires.

INTRODUCTION

Les systèmes sociaux sont complexes et caractérisés par des comportements dynamiques rendant leur compréhension et la prise de décision dans de tels contextes difficiles. En effet, le jugement et l'intuition humaine qui guident le processus décisionnel peuvent générer des effets pervers sur ces systèmes (Forrester, 1975). L'approche par la dynamique des systèmes favorise une meilleure compréhension des systèmes sociaux et visent à supporter les processus décisionnels (Sterman, 2000). La dynamique des systèmes est une technique de modélisation et de simulation qui trouve ses fondements dans la théorie des dynamiques non linéaires et qui intègre donc les rétroactions à l'origine des comportements dynamiques (Forrester, 1975). Cette technique a été appliquée à des problématiques managériales complexes telles que : le développement des réseaux interorganisationnels (Akkermans, 2001), les stratégies d'alliance internationales (Kumar et Nti, 2004), l'optimisation de l'allocation des ressources en marketing (Graham et Ariza, 2003), la gestion de multi-projets de recherche et développement (Repenning, 2000), la prévention et la gestion des crises dans les organisations (Rudolph et Repenning, 2002), le processus d'implantation des innovations (Repenning, 2002), le processus de gestion des innovations (Milling, 2002), etc.

Cette approche fut introduite par Forrester en 1958 et les chercheurs de ce domaine ont développé plusieurs cadres conceptuels en vue de soutenir le processus de modélisation (Luna-Reyes et Andersen, 2003). Initialement, le processus de modélisation est réalisé par le chercheur en dynamique des systèmes lui-même. Cependant, il est fortement suggéré que les différents intervenants, tant les chercheurs spécialisés sur une partie ou l'ensemble du système que les acteurs du système, devraient être directement impliqués dans le processus de modélisation (Rouwette et al., 2002). Par conséquent, le développement des modèles descriptifs et prédictifs est de plus en plus réalisé par un groupe de participants (supporté par un modérateur) et non uniquement par le ou les experts en modélisation. De tels projets sont communément appelés des projets de modélisation en groupe et sont de plus en plus appliqués au sein des organisations en vue de guider les décisions stratégiques (Akkermans et Vennix, 1997). Leur but ultime demeure l'amélioration de la compréhension d'un système complexe et le support aux processus décisionnels, mais ils ont deux objectifs principaux additionnels : (1) ils favorisent l'élucidation des modèles mentaux des participants (Andersen et al., 1997) ; (2) ils génèrent un changement

dans l'attitude des participants vis-à-vis des politiques décisionnelles relatives au système (Vennix, 1996).

Les recherches relatives à la dynamique des systèmes et l'application de la modélisation en groupe se sont développées (Andersen et Richardson, 1997) : plusieurs techniques ont été élaborées pour guider de tels projets (Rouwette et al., 2002 ; Akkermans et Vennix, 1997). Néanmoins, les recherches portant sur l'application de ce type de modélisation ne se concentrent que très rarement sur le déroulement du projet de modélisation lui-même : l'accent reste principalement mis sur les résultats et non sur la démarche (Morecroft et Sterman, 1994 ; Richardson et Andersen, 1995). Par ailleurs, Andersen et al. (1997) constatent que l'approche par la modélisation en groupe est assimilée plus à un art qu'à une science et soulignent le problème d'improvisation dont souffrent la plupart des projets.

Ces constats proviennent du fait qu'il est particulièrement difficile d'avoir une vision globale de la démarche à suivre pour réaliser un projet de modélisation en groupe, en vue de représenter un système selon l'approche de la dynamique des systèmes. La plupart des contributions méthodologiques à la modélisation en groupe ne mettent l'accent, par exemple, que sur les rôles des membres du groupe (Richardson et Andersen, 1995), ou que sur la manière d'atteindre un consensus au sein du groupe (Vennix, 1999), ou encore que sur les aspects cognitifs (Vennix et al., 1992). Par ailleurs, la précision et la documentation des projets de modélisation en groupe restent sommaires (Andersen et Richardson, 1997). Ces projets s'apparentent donc à une aventure périlleuse, et les experts en dynamique des systèmes se posent souvent la question de savoir comment procéder pour réaliser un projet de modélisation en groupe.

L'objectif principal de cet article est d'analyser les cadres opératoires clés proposés dans la littérature en dynamique des systèmes, qui permettent de guider la conduite des projets de modélisation en groupe. Un cadre opératoire est défini ici comme toute démarche organisée, fournissant un guide processuel et/ou structurel des différents aspects de la modélisation en groupe. L'analyse de ces cadres donne une vision globale des travaux de recherche d'ordre méthodologique et permet de souligner le manque de supports méthodologiques relatifs à cette approche.

Cet article est organisé comme suit. Dans un premier temps, l'approche par la dynamique des systèmes et les principes de la modélisation sont présentés. Les dimensions et les composantes des projets de modélisation en groupe utilisant la dynamique des systèmes sont ensuite

identifiées. La sélection des différentes études utilisant la modélisation en groupe dans le cadre de la dynamique des systèmes repose sur une analyse systématique, qui est décrite dans la quatrième partie. Cet article se termine par les résultats de cette recherche et une discussion de ces résultats.

1. LA DYNAMIQUE DES SYSTÈMES ET LA MODÉLISATION EN GROUPE

Cette section présente sommairement les objectifs et les outils de modélisation de la dynamique des systèmes. Les éléments théoriques et les principes de la modélisation en groupe sont ensuite abordés.

2.1. LA MODÉLISATION SELON LA DYNAMIQUE DES SYSTÈMES

Un système est un ensemble structuré et ordonné d'éléments en interaction (Forrester, 1975). Il est considéré comme complexe dans la mesure où ses composantes (naturelles, techniques, économiques et sociales) et les interactions entre ces composantes sont multiples, mais également en raison de la diversité de ses comportements dynamiques (Sterman, 2000). Ces dynamiques émergent de la structure interne causale du système, et plus précisément de la présence de rétroactions qui se répercutent sur l'ensemble du système. En d'autres termes, un système complexe à caractère dynamique est structuré par des boucles de rétroaction en interaction (Forrester, 1975). Par exemple, le processus de gestion des innovations est un système complexe dynamique. La gestion de l'innovation est tributaire d'un certain nombre de facteurs, tels que les cycles de vie relativement courts des produits, la compétition accrue, ou encore, l'importance des ressources reliées aux activités intensives de recherche et développement. Ce processus se définit comme complexe, étant donné que : (1) il inclut un grand nombre de variables (variété des éléments) ; (2) les variables sont fortement interreliées (connectivité entre les éléments) ; (3) les variables sont reliées d'une manière non linéaire et le processus est sujet à certains délais temporels (fonctionnalité) (Milling, 2002). De ce fait, les décisions stratégiques relatives au processus de gestion des innovations se révèlent problématiques et difficiles.

Les décisions prises en vue d'améliorer un système à caractère dynamique peuvent engendrer des effets secondaires non anticipés, voire pervers. La décision repose généralement sur les modèles mentaux des décideurs, modèles définis souvent comme étant confus, incomplets et non adaptés pour déterminer les comportements dynamiques des systèmes (Forrester, 1975). La dynamique des systèmes aide à comprendre ces comportements dynamiques. Elle fournit un ensemble de

techniques de modélisation, permettant d'une part de représenter la structure des rétroactions inhérentes au système et d'autre part, de simuler les répercussions des décisions potentielles (Stermann, 2000). En ce sens, elle permet de pallier les limites cognitives des décideurs. Par exemple, Milling (2002) a appliqué les principes de la dynamique des systèmes au processus de gestion des innovations : afin de guider les décisions visant à améliorer la performance de ce processus complexe, différentes stratégies de gestion ont été testées et analysées par l'entremise d'un modèle de simulation dynamique.

Plusieurs cadres conceptuels décrivant le processus de modélisation par la dynamique des systèmes ont été développés. Luna-Reyes et Andersen (2003) en dénombrent cinq, soit ceux les plus couramment utilisés et cités dans la littérature classique en dynamique des systèmes (Tableau 1). Le nombre d'étapes à réaliser lors du processus de modélisation varie d'un cadre à l'autre, mais les démarches restent similaires (Luna-Reyes et Andersen, 2003). En outre, tous les auteurs reconnaissent le caractère itératif du processus de modélisation.

Tableau 1. Les processus classiques de modélisation par la dynamique des systèmes

Randers (1980)	Richardson et Pugh (1981)	Roberts et al. (1983)	Wolstenholme (1990)	Stermann (2000)
Conceptualisation du système	Définition du problème	Définition du problème	Construction du diagramme et analyse	Articulation du problème
	Conceptualisation du système	Conceptualisation du système		Hypothèses dynamiques
Formulation du modèle	Formulation du modèle	Représentation du modèle	Étape 1 de la phase de simulation	Formulation du modèle
Test du modèle	Analyse du comportement du modèle	Comportement du modèle		Étape 2 de la phase de simulation
	Évaluation du modèle	Évaluation du modèle	Formulation des stratégies et évaluation	
Implantation	Analyse des stratégies	Analyse des stratégies et utilisation du modèle	Étape 2 de la phase de simulation	Formulation des stratégies et évaluation
	Utilisation du modèle			

Source : Luna-Reyes et Andersen, 2003, p. 275

Par exemple, Stermann (2000) divise le processus de modélisation en cinq étapes. Les deux premières étapes concernent la conceptualisation du système, tandis que les trois dernières étapes traitent de la simulation sur ordinateur.

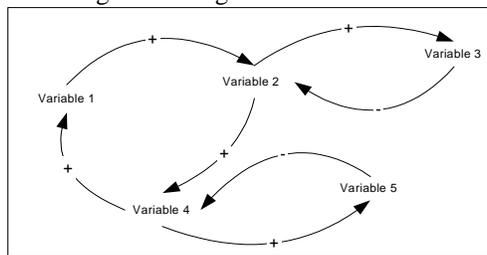
- Étape 1 : articulation du problème

Cette étape est relative à la définition du problème à résoudre et à l'objectif du modèle.

- Étape 2 : hypothèses dynamiques

Il s'agit ici d'élaborer un diagramme d'influence (Figure 1). Ce diagramme de nature qualitative et conceptuelle met en évidence l'ensemble des variables impliquées dans un système, les connexions entre les variables et la polarité associée aux liens. Il représente les hypothèses dynamiques et il permet d'identifier les rétroactions potentiellement importantes. La représentation simplifiée qu'il propose est un moyen de créer un modèle mental partagé, au sein d'une organisation par exemple. En ce sens, le diagramme d'influence permet d'échanger les modèles mentaux entre les individus ou groupes d'individus (Sterman, 2000).

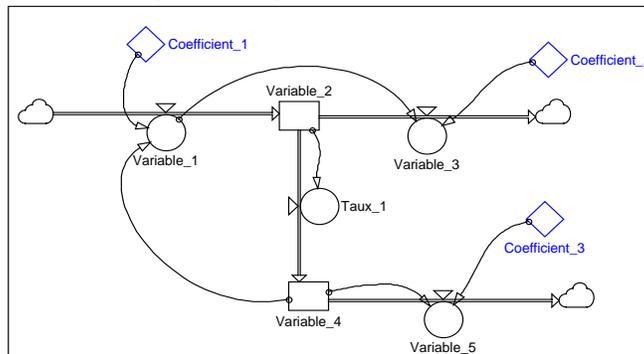
Figure 1. Diagramme d'influence



- Étape 3 : formulation du modèle

Formuler un modèle de simulation consiste à élaborer un modèle quantitatif, communément appelé le diagramme de niveaux-taux (Figure 2). Il s'agit de traduire le système en termes de variables de niveau et de taux (stocks et flux de ressources impliqués dans le système à modéliser), de développer les équations mathématiques, de quantifier le modèle et de le calibrer. De nombreux logiciels viennent aujourd'hui supporter la formulation des modèles de simulation. Peuvent être cités les logiciels suivants : Powersim¹, iThink² ou encore Vensim³.

Figure 2. Diagramme de niveaux-taux



¹ Powersim Corp, www.powersim.com

² High Performance Systems Inc., www.hps-inc.com

³ Ventana Systems Inc., www.vensim.com

- Étape 4 : test du modèle

Le test du modèle, ou son évaluation, consiste à s'assurer de la validité du modèle. Ceci nécessite la réalisation d'une multitude de tests, tant qualitatifs que quantitatifs, étant donné que la confiance dans les modèles s'accroît avec la quantité et la diversité des tests effectués (Martis, 2006). Entre autres, il s'agit d'inspecter les équations et les simulations du modèle, l'alignement avec les comportements historiques du système, les comportements simulés dans des conditions extrêmes, ou encore, l'incertitude des suppositions formulées à l'égard du modèle. Mais en réalité, aucun modèle ne peut être entièrement exact (Sterman, 2000) et ne peut espérer être valide dans l'absolu (Forrester, 1975). La question à se poser vis-à-vis d'un modèle concerne donc, non sa justesse en tant que telle, mais son utilité (Sterman, 2000).

- Étape 5 : formulation des stratégies et évaluation des résultats

La dernière étape nécessite d'une part l'identification de scénarios, c'est-à-dire de nouvelles stratégies, et d'autre part, l'analyse des résultats engendrés par le modèle, autrement dit, des répercussions des différentes stratégies décisionnelles potentielles. Le modèle de simulation permet ainsi de mettre à l'épreuve différents scénarios de stratégies décisionnelles. Il est donc possible d'anticiper les répercussions des différentes décisions potentielles : la simulation permet de prédire le comportement du système dynamique, et de supporter les processus décisionnels (Sterman, 2000). Par exemple, la valeur économique d'une modification d'un processus peut être estimée via cette méthode. En définitive, la simulation permet de répondre à la question «qu'est ce qui se passe si ...», sans avoir recours à des expérimentations risquées, longues et coûteuses (Wiendahl et Worbs, 2003).

2.2. LES PRINCIPES DE LA MODELISATION EN GROUPE

Le processus de modélisation par la dynamique des systèmes est solidement expliqué et détaillé dans la littérature. La réalisation du processus de modélisation s'inscrit généralement dans deux types de projet distincts : les projets de modélisation versus les projets de modélisation en groupe. Dans le premier cas, un ou plusieurs modélisateurs élaborent eux-mêmes les modèles, tout en acquérant l'expertise et les données nécessaires auprès de diverses sources informationnelles, voire auprès d'experts sur le système investigué. Dans le deuxième type de projet, les experts sur le système ne sont plus uniquement une source informationnelle, mais sont amenés eux-mêmes à élaborer les modèles, avec l'aide du ou des experts en dynamique des systèmes.

De nombreuses recherches ont souligné l'importance d'impliquer les différents intervenants (chercheurs spécialistes, acteurs clés du système, ou clients pour lesquels les chercheurs, consultants ou praticiens développent des modèles) dans le processus de modélisation, en vue d'accroître l'utilité du modèle (Vennix, 1996). De plus en plus de travaux de modélisation se réalisent par des projets de modélisation en groupe (Andersen et Richardson, 1997). En effet, les projets de modélisation en groupe permettent de soutenir le processus de prise de décision collective, tout en apportant des avantages à trois niveaux distincts. Au niveau individuel, il s'agit principalement d'améliorer les modèles mentaux et de favoriser un changement d'attitudes ou comportemental au regard des stratégies décisionnelles proposées. Au niveau collectif, l'approche permet l'alignement des modèles mentaux, l'atteinte d'un consensus vis-à-vis des décisions, ou encore, l'implication du groupe au regard de la décision. Enfin, au niveau organisationnel, l'intérêt ultime du modèle est de guider les décisions visant à améliorer un système impliqué dans l'organisation (Andersen et al., 1997).

Dans un projet de modélisation en groupe, le groupe de participants développe le ou les modèles lors de rencontres structurées, avec l'aide d'un modérateur, qui doit notamment favoriser l'élicitation des connaissances au sein du groupe (Rouwette et al., 2000). Ces rencontres de groupe sont communément appelées ateliers de travail, sessions ou conférences de modélisation en groupe. Il s'agit par conséquent d'interventions, lors desquelles un modèle est construit avec un groupe de participants (Rouwette et al., 2002). Les participants peuvent être soit des chercheurs spécialisés sur une partie ou sur l'ensemble de système, soit des praticiens qui sont eux-mêmes des acteurs du système. Un exemple de projet de modélisation utilisant la dynamique des systèmes et impliquant un groupe de chercheurs est celui réalisé par le Groupe de Modélisation en Propriété Intellectuelle du Centre des Politiques en Propriété Intellectuelle de l'université de McGill⁴. Ce groupe inclut une vingtaine de chercheurs de diverses disciplines (droit, management, éthique, économie) et a pour objectif d'identifier les options décisionnelles qui permettraient d'améliorer le système de la propriété intellectuelle dans le domaine des biotechnologies. Cependant, la majorité des projets de modélisation en groupe utilisant la dynamique des systèmes implique des praticiens et s'inscrit ainsi dans le contexte organisationnel. En guise d'exemple, peut être cité le projet de modélisation en groupe conduit

⁴ Le site du Centre des Politiques en Propriété Intellectuelle peut être consulté à : <http://www.cipp.mcgill.ca>

par Akkermans (1995), qui a impliqué les gestionnaires des départements de logistique, de finances et des opérations, d'une start-up pharmaceutique américaine qui désirait s'implanter en Europe.

Les sessions de modélisation en groupe se révèlent être particulièrement complexes et nécessitent un certain nombre d'activités communes à tout projet de modélisation en groupe : les activités « standard » ou activités préparatoires - réalisées avant les interventions- et les activités réalisées au cours des différentes sessions de modélisation. Le tableau 2 présente les activités typiques réalisées dans les projets en contexte organisationnel.

Tableau 2. Les activités préparatoires et durant les sessions de modélisation en groupe

Composantes	Description
Relations contractuelles préalables	- Premier contact initié (qui, comment?) - Type de problème adressé et objectifs du projet
Participants	- Taille et composition de l'équipe - Niveau de support du top management
Contacts avec les participants	- Planification ou non d'entrevues préalables aux sessions de modélisation en groupe - Présentation de l'approche de la dynamique des systèmes aux participants
Composition du groupe et des sessions	- Participants (sous-groupe) par session : nombre et caractéristiques attendues - Sessions : nombre et durée moyenne des sessions - Répartition des tâches : lors des sessions et hors session - Niveau de satisfaction et feedback du groupe
Procédures de modélisation	- Type et processus de modélisation utilisés (modélisation qualitative ou quantitative) - Processus d'évaluation des stratégies décisionnelles - Techniques de support utilisées - Recours ou non à un modèle préliminaire - Recours ou non à des questionnaires / carnets de travail
Aspects de facilitation	- Nombre de modérateurs et leurs rôles - Degré d'implication du modérateur
Logistique	- Lieu où la session se tient - Agencement de la salle

Source : Andersen et al., 1997

En outre, dès lors que les projets de modélisation en groupe sont réalisés dans le contexte organisationnel, et visent ainsi à soutenir la prise de décision managériale, certaines variables contextuelles ont un impact sur le déroulement du projet et des sessions de modélisation. De ce fait, le type de l'organisation, la culture organisationnelle, ou encore l'histoire des participants doit être pris en considération lors de la planification et de la réalisation des différentes activités (Andersen et al., 1997).

3. LES DIMENSIONS DES PROJETS DE MODÉLISATION EN GROUPE

Les projets de modélisation en groupe se distinguent selon deux dimensions : une dimension processuelle et une dimension structurelle. Chacune de ces dimensions regroupe un certain nombre de composantes. Les composantes structurelles ont principalement été identifiées à partir des travaux d'Andersen et al. (1997). Les composantes de la dimension processuelle s'appuient sur le cadre conceptuel de Sterman (2000).

Deux composantes structurelles ont été identifiées à partir des travaux d'Andersen et al. (1997) :

- La structure du groupe. Cette composante inclut les participants (taille et composition de l'équipe, niveau de support du top management), la composition du groupe (nombre et caractéristiques des participants impliqués dans chacune des sessions). Elle inclut également les aspects de facilitation (nombre, rôle et degré d'implication des modérateurs), qui ont comme objectif d'aider les participants à communiquer, de les aider à réaliser les tâches requises et de créer une certaine synergie dans le groupe.
- La composante logistique. Cette composante comprend les aspects reliés aux supports techniques utilisés (informatiques ou autres) et au lieu où se déroule la session de modélisation. D'une part, il s'agit de statuer sur le lieu géographique, et ce, particulièrement dans le cas où les participants sont géographiquement dispersés. D'autre part, il s'agit de déterminer l'agencement et l'équipement de la salle, jugés comme les plus adéquats relativement aux activités à réaliser.

Andersen et al. (1997) se sont également intéressés aux aspects processuels des projets de modélisation en groupe utilisant la dynamique des systèmes, notamment les activités relatives aux procédures de modélisation et à la composition des sessions. Néanmoins, ces activités ne sont pertinentes qu'au travers de la réalisation des étapes du processus de modélisation par la dynamique des systèmes. Les composantes de la dimension processuelle traduisent donc les différentes étapes du processus de modélisation, telles que proposées par Sterman (2000). Cinq dimensions processuelles ont été identifiées :

- L'articulation du problème, qui consiste à déterminer le problème à résoudre et l'objectif du modèle.
- La formulation des hypothèses dynamiques, soit la réalisation des diagrammes d'influence avec l'identification de la structure des rétroactions.

- La formulation du modèle de simulation, c'est-à-dire la traduction du système en termes de variables de niveau (stock de ressources) et de taux (flux de ressources), le développement d'équations mathématiques, la quantification du modèle et son calibrage.
- Le test du modèle, qui permet de s'assurer de la « validité » du modèle.
- La formulation des stratégies et l'évaluation des résultats, qui consiste à identifier et à simuler différents scénarios et à analyser leurs répercussions.

L'analyse des modèles proposés par Andersen et al. (1997) et par Sterman (2000) a permis de définir sept composantes qui caractérisent la modélisation en groupe, par la dynamique des systèmes. Ces composantes sont résumées dans le tableau 3.

Tableau 3. Les dimensions et les composantes des projets de modélisation en groupe

Dimension	Composantes	
Structure	Structure du groupe	S1
	Logistique	S2
Processus	Articulation du problème	P1
	Hypothèses dynamiques	P2
	Formulation du modèle	P3
	Test du modèle	P4
	Formulation des stratégies et évaluation	P5

4. LA SÉLECTION DES CADRES OPÉRATOIRES

Une analyse systématique de la littérature a permis de déterminer les différents cadres opératoires utilisés lors de la modélisation en groupe. Un cadre opératoire regroupe des procédures, des étapes, des techniques, des démarches, des recommandations, voire des guides, et il peut concerner n'importe quel aspect d'un projet de modélisation en groupe par la dynamique des systèmes. Il peut s'inscrire dans le cadre de modélisation qualitative (diagramme d'influence) et/ou quantitative (modèle de simulation).

L'analyse systématique a été réalisée afin d'identifier les cadres opératoires guidant l'exécution des projets de modélisation en groupe. L'analyse systématique repose sur un processus rigoureux, répliquable, scientifique et transparent (Cook et al., 1997). Selon Alderson et al. (2004), la revue systématique s'appuie sur les deux éléments fondamentaux : (1) l'identification des critères d'inclusion et (2) la stratégie de sélection des travaux potentiels. Les articles ont été sélectionnés selon trois critères.

Premièrement, seuls ont été retenus les articles proposant un cadre opératoire apportant une contribution en modélisation en groupe utilisant la dynamique des systèmes (sont donc exclus les articles apportant une contribution en modélisation en groupe mais dans d'autres champs d'application) et concernant des projets où les participants contribuent directement à l'élaboration des modèles, lors de sessions de modélisation en groupe (les projets dans lesquels l'implication des participants se limite à fournir l'expertise nécessaire, par l'entremise d'entrevues ou de questionnaires, ne sont donc pas inclus). Deuxièmement, seuls ont été retenus les articles publiés dans revues académiques ou dans des ouvrages. Afin de s'assurer de la rigueur avec laquelle les cadres opératoires ont été élaborés, ceux ayant uniquement fait l'objet de communication(s) dans un congrès ou autre rencontre scientifique ne sont donc pas considérés. Troisièmement, seuls les articles publiés après 1992 ont été analysés. En effet, les cadres opératoires proposés dans les articles publiés avant 1992, ont été modifiés et améliorés. Par exemple, les travaux de Randers (1977) ou de Stenberg (1980) ont été repris et complétés par Andersen et Richardson (1997) ; ceux de Richmond (1987) repris par Richmond (1997) et Andersen et Richardson (1997).

La répartition des articles retenus selon leur source bibliographique est donnée dans tableau 4 et leur référence bibliographique complète est détaillée dans l'annexe A. Sur cette base, douze cadres opératoires ont été sélectionnés en vue de leur analyse (Tableau 5).

Tableau 4. Types de source et répartition des cadres opératoires

Source	Nombre de références	Pourcentage
Revue System Dynamics Review	7	58,3 %
Revue Simulation and Gaming	1	8,3 %
Revue European Journal of Operational Research	2	16,7 %
Revue Journal of Operational Research Society	1	8,3 %
Livre publié par John Wiley & Sons	1	8,3 %

Tableau 5. Cadres opératoires analysés

Auteurs	Année
Vennix, Anderson, Richardson, et Rohrbaugh	1992
Vennix et Gubbels	1992
Wolstenholme et Corben	1994
Richardson et Andersen	1995
Vennix	1996
Vennix, Akkermans et Rouwette	1996
Andersen et Richardson	1997
Richmond	1997
Ford et Sterman	1998
Vennix	1999
Rouwette, Vennix et Thijssen	2000
Stave	2002

5. LA CLASSIFICATION ET L'ANALYSE DES CADRES OPÉRATOIRES

Les douze cadres sélectionnés ont été analysés selon les deux dimensions structurelle et processuelle. La plupart des cadres opératoires abordent différentes composantes d'un projet de modélisation en groupe par la dynamique des systèmes. Ces composantes sont toutefois plus ou moins développées selon les auteurs. La classification proposée ne repose que sur les composantes principales et substantielles de chaque cadre opératoire. Cette classification est présentée dans le tableau 6.

Tableau 6. Classification des cadres opératoires en fonction de la grille bidimensionnelle

Cadres opératoires	Structure		Processus				
	S1	S2	P1	P2	P3	P4	P5
Vennix et al. (1992)	✓		✓	✓	✓	✓	✓
Vennix et Gubbels (1992)				✓			
Wolstenholme et Corben (1994)				✓			
Richardson et Andersen (1995)	✓						
Vennix (1996)				✓			
Vennix et al. (1996)			✓	✓			
Andersen et Richardson (1997)	✓	✓	✓	✓	✓		✓
Richmond (1997)							✓
Ford et Sterman (1998)					✓		
Vennix (1999)	✓		✓				
Rouwette et al. (2000)		✓					
Stave (2002)			✓	✓	✓		✓
Nombre de cadres par composante	4	2	5	7	4	1	4
Nombre de cadres par dimension	5		10				

5.1. LA DIMENSION STRUCTURELLE

Seuls cinq cadres opératoires sur les douze sélectionnés explicitent les composantes de la dimension structurelle.

Composante S1 : Structure du groupe

Quatre cadres opératoires proposés dans la littérature mettent l'accent sur la composante de la structure du groupe.

Les cadres de Richardson et Andersen (1995) et d'Andersen et Richardson (1997) identifient les rôles à représenter au sein de l'équipe et en dénombrent cinq : (1) le modérateur, qui joue un rôle de guide pour le groupe et doit favoriser l'élicitation des connaissances ; (2) le modélisateur, aussi appelé réflecteur, qui met l'accent sur le modèle lui-même, plutôt que sur le processus ; (3) le coach, qui s'intéresse principalement aux dynamiques entre les individus et sous-groupes ; (4) l'enregistreur, qui a pour mission de transcrire et sauvegarder les informations et éléments importants ; et (5) le garde-barrière, qui est le contact privilégié au sein de l'organisation et qui est à l'origine même du projet. Ces rôles peuvent être soit distribués entre plusieurs participants, soit combinés. Cependant, il est impératif de séparer les rôles de modérateur et de modélisateur dans les projets impliquant de larges groupes, étant donné que les tâches de facilitation et d'analyse doivent y être distinguées (Richardson et Andersen, 1995). Le cadre de Vennix (1999) permet de clarifier les caractéristiques que doit posséder l'acteur jouant le rôle du modérateur. Il met en évidence qu'un modérateur doit avant tout avoir les « bonnes » attitudes : l'attitude d'entraide, de neutralité vis-à-vis du contenu des discussions, d'investigation et de curiosité, ou encore, d'intégrité et d'authenticité. Ces attitudes s'avèrent être les caractéristiques incontournables requises, dans des situations où surviennent des problèmes de communication et de conflits dans les groupes. Néanmoins, le modérateur doit également posséder les compétences suivantes : une connaissance suffisante de l'approche de la dynamique des systèmes, des compétences en structuration de processus, en gestion de conflits, et enfin, en communication.

Les groupes et sous-groupes impliqués dans chacune des sessions de modélisation doivent être composés des parties prenantes, des experts sur le système ou parties du système, et d'une équipe de modélisation. De ce fait, il est nécessaire de s'assurer de la disponibilité de chacun des participants. Le garde-barrière, qui est un membre de l'organisation pour laquelle le projet est initié, doit participer activement à la sélection des participants et à la planification des sessions (Andersen et Richardson, 1997). Il est évident que le nombre et la diversité des participants impliqués ont un effet positif sur l'utilité des modèles élaborés. Cependant, la gestion de grands groupes sous-tend généralement des problèmes en termes de relations interpersonnelles et de conflits, ce qui risque d'inhiber les avantages de l'approche (Richardson et Andersen, 1995). Ainsi, la taille de l'équipe a inévitablement des répercussions sur la gestion elle-même du projet. D'une part, plus le nombre de participants est faible, moins les techniques doivent être structurées. D'autre part, plus la taille du groupe est élevée, plus grande est la nécessité de

recourir à des techniques allégeant le travail (questionnaires, cahiers de travail, ateliers de travail structurés) (Vennix et al., 1992).

Ces cadres opératoires traitent donc principalement des rôles à représenter au sein de l'équipe et il apparaît que tous s'entendent sur les cinq rôles précédemment mentionnés. Il peut également être noté qu'ils insistent particulièrement sur le rôle du modérateur, en d'autres termes, sur les aspects de facilitation. En effet, le modérateur joue un rôle primordial dans la mesure où il est considéré comme l'élément facilitateur du déroulement des sessions de modélisation en groupe (Rouwette et al., 2002). En outre, l'attitude du modérateur a un impact sur la qualité de la communication et sur l'obtention d'un consensus (Akkermans et Vennix, 1997). Le modérateur joue donc un rôle clé dans les projets de modélisation en groupe, et est relativement bien explicité dans la littérature en dynamique des systèmes, malgré le nombre restreint de cadres s'y intéressant.

Composante S2 : logistique

La composante logistique est très peu analysée et prise en compte. En effet, seuls deux articles s'intéressent aux problématiques relatives à la logistique dans les projets de modélisation en groupe.

Le cadre d'Andersen et Richardson (1997) fournit des recommandations quant à l'agencement de la salle où se déroulent les sessions de modélisation en groupe : les chaises doivent être disposées en demi-cercle, être pivotantes et pouvoir être facilement combinées en petits groupes, et les tables de travail ne doivent être présentes que dans les sessions de modélisation non plénières. Des recommandations sont également émises en ce qui a trait aux supports logistiques à utiliser, soit l'utilisation combinée d'un rétroprojecteur, d'un ordinateur et d'un tableau blanc. L'objectif principal mis en avant par ces auteurs est le maintien d'une cohérence et synergie visuelles lors des sessions de modélisation en groupe.

Le cadre de Rouwette et al. (2000) met l'accent sur l'équipement électronique nécessaire. Il propose d'équiper les salles d'outils informatiques, tels que GroupSystems. Ces supports électroniques offrent en effet certains avantages, dont l'optimisation des processus interactionnels au sein des groupes et la réduction possible du conformisme grâce à l'anonymat des interventions réalisées par les participants.

Ces deux cadres opératoires abordent ainsi les problématiques relatives à la logistique en termes d'agencement de salle et de supports visuels et informatiques. En fait, la composante logistique est présentée comme un facteur critique de succès des sessions de modélisation en groupe : une salle bien agencée et un support adéquat facilitent la communication et la réalisation des tâches (Andersen et Richardson, 1997). Il apparaît ainsi que cette composante est également principalement traitée comme un aspect de facilitation.

5.2. LA DIMENSION PROCESSUELLE

Même si la dimension structurelle des projets de modélisation en groupe revêt un aspect important dans la réussite du projet (Andersen et Richardson, 1997), la majorité des cadres opératoires met l'accent sur l'aspect processuel des projets de modélisation en groupe. En effet, les aspects structurels, hormis les enjeux relatifs au rôle du modérateur, engendrent moins de complexité que les aspects processuels, ce qui peut justifier le fait que la plupart des recherches mettent l'accent sur le processus.

Le processus de modélisation en groupe par la dynamique des systèmes implique des tâches cognitives pouvant être divergentes, convergentes ou d'évaluation (jugement et choix). Aux différentes activités du processus de modélisation correspondent différentes tâches cognitives ou différentes combinaisons de tâches cognitives. Par exemple, l'articulation d'un problème s'inscrit principalement dans le contexte de tâches divergentes, tandis que le développement de scénarios consiste plus particulièrement en des tâches de jugement et de choix (Vennix et al., 1992). Les techniques visant à soutenir les activités du processus dépendent ainsi du type de tâches qu'elles impliquent : les tâches divergentes doivent s'appuyer sur des techniques individuelles ou sur des petits groupes nominaux ; les tâches convergentes et d'évaluation requièrent des sessions plénières, celles-ci pouvant toutefois être complétées par des ateliers en sous-groupes (Andersen et Richardson, 1997). Chaque étape du processus de modélisation en groupe peut donc inclure une succession d'activités individuelles, d'ateliers en sous-groupe et de sessions plénières. Néanmoins, chacune d'entre elles possède ses propres enjeux et requiert ses propres techniques.

Composante P1 : articulation du problème

La première étape du processus de modélisation, qui consiste en la définition du problème, est traitée dans cinq cadres opératoires. Cette étape est cruciale pour tout projet de modélisation et

permet de délimiter le problème étudié et d'identifier l'objectif du ou des modèles à élaborer (Stermann, 2000).

Les activités relatives s'appuient principalement sur des rencontres individuelles avec les participants ou entrevues préparatoires (Stave, 2002 ; Vennix et al., 1992) ou sur des petits groupes nominaux (Vennix et al., 1992). Diverses techniques peuvent alors être utilisées pour structurer le problème à résoudre. Notamment, Vennix et al. (1996) ont combiné des techniques de modélisation qualitative en dynamique des systèmes et des outils de brainstorming ou de facilitation (par exemple, la cartographie cognitive ou les archétypes), ou encore, Andersen et Richardson (1997) ont recours aux outils de modes de référence, qui illustrent sous forme de graphique les comportements problématique et souhaité du système. Il faut cependant noter que de fortes divergences peuvent exister entre les opinions des différents participants quant au problème lui-même à résoudre. Deux facteurs principaux expliquent l'existence de ces problèmes mal définis : la déficience des interactions et la construction de réalités multiples au sein des groupes. Dans ces situations, le rôle du modérateur est crucial pour obtenir un consensus au sein de l'équipe (Vennix, 1999).

Composante P2 : hypothèses dynamiques

Cette composante concerne la formulation des hypothèses dynamiques, soit la réalisation d'un diagramme d'influence en vue de mettre en évidence la structure des rétroactions inhérentes au système. Sept cadres opératoires traitent de cette composante, et il apparaît que les enjeux communs à ces cadres sont le processus d'élicitation des connaissances et de consensus à obtenir au sein du groupe. Les tâches relatives nécessitent principalement des activités de groupe structurées et systématisées, avec la présence d'un modérateur et d'un expert en modélisation (Vennix et al., 1992).

Diverses techniques peuvent faciliter ces activités. Par exemple, Vennix et Gubbels (1992) ont identifié les différentes étapes à réaliser pour la capture des modèles mentaux des différents participants. Leur cadre préconise l'utilisation combinée d'outils tels que la méthode Delphi, la technique du groupe nominal ou encore l'analyse du jugement social, ainsi que d'une approche de type conceptualisation – feedback – discussion. Wolstenholme et Corben (1994) insistent également sur l'utilité de la méthode Delphi, et ce, principalement dès lors que le groupe est large et dispersé géographiquement. Vennix et al. (1996) préconisent la combinaison de techniques de modélisation qualitative et d'outils de brainstorming ou de facilitation. Les outils proposés par

Andersen et Richardson (1997) visent principalement à aider les participants à raisonner en termes de rétroaction, dont par exemple les archétypes ou structures génériques de rétroaction. Ou encore, Stave (2002) et Vennix (1996) recommandent d'utiliser un diagramme d'influence préliminaire. Selon Vennix (1996), développer un tel modèle préliminaire est particulièrement utile dans les situations suivantes : le modérateur n'a que peu d'expérience en développement de modèle en groupe, les participants n'ont que peu de temps disponible, les participants sont géographiquement dispersés et les sessions de modélisation sont difficiles à planifier.

Composante P3 : formulation du modèle

Quatre cadres s'intéressent à la composante reliée à la formulation du modèle quantitatif (modèle de simulation). Ces cadres abordent des problématiques relatives au processus d'élicitation des connaissances en vue d'élaborer un modèle de simulation, basé sur les modèles mentaux des différents participants, et devant traduire les stocks et les flux de ressources impliqués dans le système. Les tâches relatives doivent s'appuyer tant sur des rencontres individuelles avec les participants ou des petits groupes nominaux, que sur des activités de groupe structurées et systématisées (Vennix et al., 1992). Il apparaît également que les tâches relatives à la formulation des équations mathématiques du modèle n'impliquent que rarement le groupe dans son intégralité (Andersen et Richardson, 1997). Il faut cependant reconnaître que le processus de formulation du modèle de simulation possède un caractère fortement itératif et qu'il nécessite souvent une importante préparation (hors session) de l'équipe de modélisation (Stave, 2002), et ce, dans l'objectif d'amoindrir la complexité de la tâche durant les sessions. La formulation du modèle est donc une composante beaucoup moins appréhendée dans la littérature que celle des hypothèses dynamiques. Ceci rejoint par ailleurs le constat fait par Ford et Sterman (1998), qui regrettent que les recherches relatives à l'élicitation des connaissances se concentrent la plupart du temps uniquement sur la modélisation qualitative.

Néanmoins, Andersen et Richardson (1997) et Ford et Sterman (1998) apportent un éclaircissement sur le déroulement de cette étape. Le cadre d'Andersen et Richardson (1997) présente des méthodes visant à valoriser les données du modèle et à raffiner le modèle. Le cadre de Ford et Sterman (1998) propose une méthode qui favorise l'élicitation des connaissances spécifiquement dans le contexte de la modélisation quantitative. En effet, il met l'accent sur la codification de l'expertise et sur la représentation des connaissances, afin d'estimer les paramètres du modèle, les conditions initiales dans lesquelles évolue le système, ou encore, les

interrelations à spécifier dans le modèle de simulation. Plus précisément, ces auteurs proposent une méthode structurée en trois phases séquentielles pour représenter les connaissances, soit la phase de positionnement, de description, et enfin de discussion. L'objectif de la phase de positionnement est d'établir le contexte et les objectifs du processus de représentation des connaissances. La phase de description guide les experts au travers d'étapes séquentielles, durant lesquelles ils doivent traduire leurs connaissances selon quatre modes : représentation visuelle, verbale, textuelle et graphique. La phase de discussion permet de tester, comprendre et améliorer les représentations des connaissances des experts : elle doit d'une part examiner individuellement les représentations et d'autre part, les comparer. Ainsi, la méthode en trois phases proposée par Ford et Sterman (1998) consiste en l'utilisation successive de connaissances transformées au travers de multiples formats.

En définitive, comme le soulignent Rouwette et al. (2002), en raison de la complexité des activités de modélisation quantitative, celles-ci ne peuvent que difficilement être opérationnalisées. Ceci justifie le fait qu'elles n'impliquent que rarement directement les participants dans le processus.

Composante P4 : test du modèle

La quatrième composante, soit celle relative au test du modèle de simulation, n'est que très peu explicitée. Seul le cadre de Vennix et al. (1992) aborde cette composante. Ces auteurs ont identifié les techniques pouvant être utilisées lors de l'évaluation de la validité du modèle de simulation, telles que la technique Delphi, l'analyse du jugement social ou encore la technique du groupe nominal.

Cependant, il faut reconnaître que les aspects relatifs au test du modèle ne nécessitent guère l'implication directe des participants et que les tests d'évaluation sont principalement de la responsabilité du modélisateur. Ils ne se révèlent donc pas d'un grand intérêt pour les recherches relatives à la modélisation en groupe, bien qu'il soit généralement recommandé de valider le modèle auprès d'experts sur le système et de recourir à leur expertise (Sterman, 2000) afin de s'assurer de l'utilité du modèle.

Composante P5 : formulation des stratégies et évaluation

Quatre cadres opératoires s'intéressent à la composante qui concerne la formulation des stratégies et de leur évaluation. La notion de consensus est largement abordée dans ces travaux, afin d'être en mesure de statuer sur les scénarios à simuler et sur les stratégies décisionnelles à mettre en

œuvre. Les tâches relatives à cette composante s'inscrivent principalement dans des tâches de jugement et de choix et s'appuient donc surtout sur des activités de groupe structurées et systématisées (Vennix et al., 1992). Plus précisément, l'identification des stratégies décisionnelles et le développement de scénarios peuvent s'effectuer lors de sessions de modélisation impliquant un nombre restreint de participants, tandis que des brainstormings impliquant la totalité du groupe sont requis pour discuter et évaluer les différentes stratégies décisionnelles (Stave, 2002).

Plusieurs techniques peuvent être utilisées. Par exemple, Vennix et al. (1992) recommandent d'utiliser la technique Delphi, la théorie de l'utilité multi-attributs, l'analyse du jugement social, ou la technique du groupe nominal ; Andersen et Richardson (1997) montrent que souvent, de simples procédures de vote peuvent suffire ; ou encore, Richmond (1997) propose une procédure standard rigoureuse qui favorise la cohérence entre les objectifs et la stratégie et qui s'inscrit dans le cadre d'un « forum stratégique ».

5.3. SYNTHÈSE DES RESULTATS

Il apparaît qu'aucun des douze cadres opératoires ne couvre les sept composantes définies dans la grille d'analyse. En fait, la moitié d'entre eux ne traite qu'une seule des composantes. En outre, la plupart de cadres opératoires proposés dans la littérature en dynamique des systèmes s'intéressent davantage au processus de modélisation en groupe qu'aux aspects structurels. Chacun des cadres s'intéresse à des étapes particulières de ce processus et seul l'article de Vennix et al. (1992) analyse la totalité des composantes processuelles.

La majorité des cadres opératoires ne s'intéresse qu'à un unique type de dimension. En effet, seuls les cadres de Vennix (1999), de Vennix et al. (1992) et d'Andersen et Richardson (1997) abordent les projets de modélisation en groupe à la fois en termes structurel et processuel. Il semble ainsi que la structure et le processus sont généralement traités de manière isolée, ce qui est regrettable, étant donné que ces deux aspects sont en réalité étroitement liés (Vennix, 1999).

Le cadre d'Andersen et Richardson (1997) représente la vision la plus globale et la plus détaillée des projets de modélisation en groupe. Seule la composante relative au test du modèle est omise de leur cadre. Par conséquent, la majorité des études qui appliquent la modélisation en groupe utilisant la dynamique des systèmes se réfère au cadre opératoire proposé par Andersen et Richardson (1997). Ces auteurs proposent un ensemble de techniques et de sous-processus,

communément appelés des scripts, pour l'organisation et la planification des sessions de modélisation en groupe, et pour les tâches reliées directement au processus de modélisation lui-même. Ces scripts sont issus d'une dizaine d'années d'expériences et de recherches bibliographiques (Vennix et al., 1997) et se veulent une réponse au problème d'improvisation dont souffrent la plupart des projets de modélisation en groupe (Andersen et al., 1997).

6. DISCUSSION ET CONCLUSION

L'ensemble des cadres opératoires permettant de mener à bien des projets de modélisation en groupe utilisant la dynamique des systèmes a été recensé. L'analyse de ces différents cadres révèle que très peu de cadres opératoires adoptent une vision globale des projets de modélisation en groupe utilisant la dynamique des systèmes et qu'ils ne combinent que rarement les aspects à la fois structurels et processuels. Par ailleurs, les aspects structurels souffrent d'un manque de support méthodologique, hormis pour les aspects de facilitation. En ce qui concerne plus spécifiquement les aspects processuels, la modélisation qualitative est davantage traitée dans la littérature que la modélisation quantitative.

Une contribution majeure de cette étude est l'identification des enjeux sous-jacents à la réalisation des projets de modélisation en groupe. Premièrement, il est apparu que la gestion des processus cognitifs, soit l'élicitation des connaissances, est cruciale dans les projets de modélisation en groupe, et se complexifie d'autant plus lors de la modélisation quantitative. Il s'agit d'être en mesure de capturer leurs modèles mentaux, afin de créer un modèle mental partagé au sein de l'équipe. Deuxièmement, les problématiques relatives à l'obtention de consensus sont inhérentes à ces projets et sont d'autant plus critiques lors de l'articulation du problème à résoudre et de l'évaluation des stratégies décisionnelles. Troisièmement, les aspects de facilitation jouent un rôle clé dans le bon déroulement des sessions de modélisation en groupe. En outre, au regard des principes propres à la dynamique des systèmes, l'une des principales difficultés consiste à amener les participants à raisonner en termes de rétroactions et à visualiser les stocks et les flux de ressources impliquées dans le système à modéliser (cf. Sterman, 2000). Plusieurs techniques sont aujourd'hui disponibles pour faire face à ces enjeux, et de nombreux auteurs ont mis en évidence que celles-ci dépendent du type de tâches à réaliser (divergentes, convergentes ou de jugement et de choix).

Les résultats de l'analyse tendent à préconiser l'accumulation de techniques et de sous-processus, pour l'organisation et la planification des sessions de modélisation en groupe, ainsi que pour les tâches reliées au processus de modélisation lui-même. Il serait ainsi souhaitable de poursuivre les efforts réalisés par Andersen et Richardson (1997), avec l'accent mis sur la formulation de scripts, qui servent à la fois à structurer le processus, à soutenir les aspects de communication et à proposer une division des tâches. De plus, le problème de la dualité processus/structure a été mis en évidence et cet article espère convaincre les chercheurs en dynamique des systèmes d'adopter des approches combinant les aspects processuels et structurels. Un autre thème important devrait également orienter les recherches futures : l'évaluation des projets de modélisation en groupe. En effet, l'identification des forces et faiblesses des projets réalisés s'avère un moyen incontournable pour réaliser des progrès considérables en termes méthodologiques. D'ailleurs, de plus en plus de recherches sont effectuées dans cette perspective (cf. Huz et al., 1997 ; Akkermans et Vennix, 1997 ; Rouwette et al., 2002). Ainsi, si dorénavant les recherches mettent l'accent sur ces différents axes de recherche, il se pourrait que la modélisation en groupe utilisant la dynamique des systèmes devienne plus une science qu'un art.

Enfin, cet article ne peut se conclure sans mentionner les limites de cette présente recherche. Tout d'abord, il faut rappeler que les projets de modélisation en groupe impliquent un certain nombre de variables contextuelles, dont la culture organisationnelle par exemple. Le contexte joue en effet un rôle important, mais les variables relatives sont omises de la grille d'analyse proposée dans cet article.

De plus, cette recherche s'est limitée aux travaux spécifiquement réalisés dans le cadre de projets de modélisation utilisant la dynamique des systèmes (cf. les critères d'inclusion de l'analyse systématique). Néanmoins, les problèmes et enjeux soulevés par la réalisation de ces projets sont également présents dans d'autres domaines de recherche, dont : la recherche opérationnelle et les méthodes de structuration de problèmes (cf. par exemple, Mingers et Rosenhead, 2004), l'aide multicritère à la décision et les techniques visant à obtenir un compromis entre les opinions divergentes des décideurs (cf. Wei et al., 2000), les démarches de modélisation en cartographie cognitive (cf. notamment les travaux menés par Eden et Ackermann (1998), Bougon et al. (1977), Khan et Quaddus (2004)), ou encore, les principes de la recherche action, axés sur la création collaborative de connaissances et de solutions (cf. par exemple, les recherches réalisées par Clark

(1980) ou par Akdere (2003)). En définitive, étendre l'analyse réalisée dans cet article à ces différents domaines de recherche pourrait se révéler particulièrement intéressant.

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier les professeurs Pierre Cossette, Martin Cloutier et Hélène Vidot-Delerue, pour leurs précieux conseils et les révisions qu'ils ont apportées à cet article.

RÉFÉRENCES

- Akdere, M. (2003), The action research paradigm: an alternative approach in negotiation, *Systemic Practice and Action Research*, 16:5, 339-354.
- Akkermans, H. (1995), Developing a Logistics Strategy through Participative Business Modelling, *International Journal of Operations and Production Management*, 15:11, 100-112.
- Akkermans, H. A., and J. A. M. Vennix (1997), Clients' Opinion on Group Model-Building: an Exploratory Study, *System Dynamics Review*, 13:1, 3-31.
- Akkermans, H. (2001), Renga: a systems approach to facilitating inter-organizational network development, *System Dynamics Review*, 17:3, 40-57.
- Alderson, P., S. Green, and J. P. T. Higgins (2004), *Cochrane Reviewers' Handbook 4.2.2.*, Chichester, UK: Wiley.
- Andersen, D. F., and G. P. Richardson (1997), Scripts for Group Model Building, *System Dynamics Review*, 13:2, 107-129.
- Andersen, D. F., G. P. Richardson, and J. A. M. Vennix (1997), Group Model Building: Adding More Science to the Craft, *System Dynamics Review*, 13:2, 187-201.
- Bougon, M. G., K. E. Weick, and D. Binkhorst (1977), Cognition in organizations: an analysis of the Utrecht Jazz Orchestra, *Administrative Science Quarterly*, 22, 606-639.
- Clark, A. W. (1980), Action research: theory, practice and values, *Journal of Occupational Behavior*, 1:2, 151-157.
- Cook, D. J., C. D. Mulrow, and R. B. Haynes (1997), Systematic Reviews : Synthesis of Best Evidence for Clinical Decisions, *Annals of Internal Medicine*, 126:5, 379-380.
- Eden, C. and F. Ackermann (1998), *Making Strategy. The Journey of Strategic Management*, London: Sage, p. 284-302
- Ford, D. N., and J. D. Sterman (1998), Expert Knowledge Elicitation to Improve Formal and Mental Models, *System Dynamics Review*, 14:4, 309-340.
- Forrester, J. W. (1975), *Collected Papers of Jay W. Forrester*, Portland, OR: Productivity Press.
- Graham, A. K., and A. Ariza (2003), Dynamic, hard and strategic questions: using optimization to answer a marketing resource allocation question, *System Dynamics Review*, 19:1, 27-46.
- Huz, S., D. F. Andersen, G. P. Richardson, and R. A. Boothroyd (1997), A Framework for Evaluating Systems Thinking Interventions: an Experimental Approach to Mental Health System Change, *System Dynamics Review*, 13:2, 149-169.
- Khan, M. S., and M. Quaddus (2004), Group decision support using fuzzy cognitive maps for causal reasoning, *Group Decision and Negotiation*, 13, 463-480.

- Kumar, R., and K. O. Nti (2004), National cultural values and the evolution of process and outcome discrepancies in international strategic alliances, *The Journal of Applied Behavioral Science*, 40:3, 344-361.
- Luna-Reyes, L. F., and D. L. Andersen (2003), Collecting and Analysing Qualitative Data for System Dynamics: Methods and Models, *System Dynamics Review*, 19:4, 271-296.
- Martis, M. S. (2006), Validation of simulation based models: a theoretical outlook, *Electronic Journal of Business Research Methods*, 4:1, 39-46.
- Milling, P. (2002), Understanding and Managing Innovation Processes, *System Dynamics Review*, 18, 73-86.
- Mingers, J., and J. Rosenhead (2004), Problem structuring methods in action, *European Journal of Operational Research*, 152, 530-554.
- Morecroft, J. D. W., and J. D. Sterman (1994), *Modeling for Learning Organizations*, *System Dynamics Series*, Portland, OR: Productivity Press.
- Repenning, N. (2000), A dynamic model of resource allocation in multi-project research and development systems, *System Dynamics Review*, 16:3, 173-212.
- Repenning, N. (2002), A simulation-based approach to understanding the dynamics of innovation implementation, *Organization Science*, 13:2, 109-127.
- Richardson, G. P., and D. F. Andersen (1995), Teamwork in Group Model Building, *System Dynamics Review*, 11:2, 113-137.
- Richmond, B. (1997), The Strategic Forum: Aligning Objectives, Strategy and Process, *System Dynamics Review*, 13:2, 131-148.
- Rouwette, E. A. J. A., J. A. M. Vennix, and T. van Mullekom (2002), Group Model Building Effectiveness: a Review of Assessment Studies, *System Dynamics Review*, 18:1, 5-45.
- Rouwette, E. A. J. A., J. A. M. Vennix, and C. M. Thijssen (2000), Group Model Building: a Decision Room Approach, *Simulation and Gaming*, 31:3, 359-379.
- Rudolph, J. W., and N. P. Repenning (2002), Disaster dynamics: understanding the role of quantity in organizational collapse, *Administrative Science Quarterly*, 47:1, 1-30.
- Stave, K. A. (2002), Using System Dynamics to Improve Public Participation in Environmental Decisions, *System Dynamics Review*, 18:2, 139-167.
- Sterman, J. D. (2000), *Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World*. New York, NY: Irwin-McGraw-Hill.
- Vennix, J. A. M. (1999), Group Model-Building: Tackling Messy Problems, *System Dynamics Review*, 15:4, 379-401.
- Vennix, J. A. M., D. F. Andersen, and G. P. Richardson (1997), Foreword: Group Model Building, Art, and Science, *System Dynamics Review*, 13:2, 103-106.
- Vennix J. A. M. (1996), *Group Model Building: Facilitating Team Learning Using System Dynamics*. Chichester, England: John Wiley & Sons.
- Vennix, J. A. M, H. A. Akkermans, and E. A. J. A. Rouwette (1996), Group Model-Building to Facilitate Organizational Change: an Exploratory Study, *System Dynamics Review*, 12:1, 39-58.
- Vennix, J. A. M, and J. W. Gubbels (1992), Knowledge Elicitation in Conceptual Model Building: a Case Study in Modeling a Regional Dutch Health Care System, *European Journal of Operational Research*, 59:1, 85-100.
- Vennix, J. A. M, D. F. Anderson, G. P. Richardson, and J. Rohrbaugh (1992), Model-Building for Group Decision Support: Issues and Alternatives in Knowledge Elicitation, *European Journal of Operational Research*, 59:1, 28-41.

- Wei, Q., H. Yan, and Z. Fan (2000), A compromise weight for multi-criteria group decision making with individual preference, *Journal of the Operational Research Society*, 51, 625-634.
- Wiendahl, H. P., and J. Worbs (2003), Simulation based analysis of complex production systems with methods of non-linear dynamics, *Journal of Materials Processing Technology*, 139, 28-34.
- Wolstenholme, E. F., and D. A. Corben (1994), A Hypermedia-Based Delphi Tool for Knowledge Acquisition in Model Building, *Journal of Operational Research Society*, 45:6, 659-672.

ANNEXE A : CADRES OPÉRATOIRES ANALYSÉS

- Andersen, D. F., and G. P. Richardson (1997), Scripts for Group Model Building, *System Dynamics Review*, 13:2, 107-129.
- Ford, D. N., and J. D. Sterman (1998), Expert Knowledge Elicitation to Improve Formal and Mental Models, *System Dynamics Review*, 14:4, 309-340.
- Richardson, G. P., and D. F. Andersen (1995), Teamwork in Group Model Building, *System Dynamics Review*, 11:2, 113-137.
- Richmond, B. (1997), The Strategic Forum: Aligning Objectives, Strategy and Process, *System Dynamics Review*, 13:2, 131-148.
- Rouwette, E. A. J. A., J. A. M. Vennix, and C. M. Thijssen (2000), Group Model Building: a Decision Room Approach, *Simulation and Gaming*, 31:3, 359-379.
- Stave, K. A. (2002), Using System Dynamics to Improve Public Participation in Environmental Decisions, *System Dynamics Review*, 18:2, 139-167.
- Vennix, J. A. M. (1999), Group Model-Building: Tackling Messy Problems, *System Dynamics Review*, 15:4, 379-401.
- Vennix J. A. M. (1996), *Group Model Building: Facilitating Team Learning Using System Dynamics*. Chichester, England: John Wiley & Sons.
- Vennix, J. A. M., H. A. Akkermans, and E. A. J. A. Rouwette (1996), Group Model-Building to Facilitate Organizational Change: an Exploratory Study, *System Dynamics Review*, 12:1, 39-58.
- Vennix, J. A. M., and J. W. Gubbels (1992), Knowledge Elicitation in Conceptual Model Building: a Case Study in Modeling a Regional Dutch Health Care System, *European Journal of Operational Research*, 59:1, 85-100.
- Vennix, J. A. M., D. F. Anderson, G. P. Richardson, and J. Rohrbaugh (1992), Model-Building for Group Decision Support: Issues and Alternatives in Knowledge Elicitation, *European Journal of Operational Research*, 59:1, 28-41.
- Wolstenholme, E. F., and D. A. Corben (1994), A Hypermedia-Based Delphi Tool for Knowledge Acquisition in Model Building, *Journal of Operational Research Society*, 45:6, 659-672.