

En quoi l'apprentissage de la dynamique des systèmes peut-il stimuler les capacités cognitives des étudiants ?

De la pratique à la théorisation d'une méthode pédagogique appliquée à l'enseignement de la Dynamique des Systèmes

Didier Cuména1* et Philippe Boigey**

(*) Didier Cuména1, Professeur, Doctorat ès sciences de Gestion Paris I Sorbonne, Enseignant-chercheur, Directeur du Dpt Management, Stratégie, EBS-Paris, - France. E-mail : didiercuména1@ebs-paris.com

(**) Philippe Boigey, Doctorant, Université de Toulouse 1 Capitole – France – Email : pboigey@orange.fr

Résumé :

Notre communication s'articule sur trois parties :

- *Dans un premier temps, nous rappellerons les définitions du savoir, de la connaissance, et de la capacité, puis nous présenterons pour mémoire la taxonomie de Bloom qui est un modèle structurant la connaissance en différents niveaux d'acquisition.*
- *En second lieu, à partir de la présentation d'un modèle de dynamique des systèmes et de ses simulations faisant vivre une entreprise sur une durée de quatre ans, nous identifierons les processus de représentation mentale de plusieurs groupes d'étudiants au vu des résultats obtenus.*
- *Enfin nous interrogerons sur la manière d'introduire l'enseignement de la dynamique des systèmes sur des situations d'apprentissage : comment développer une pensée systémique à partir de la modélisation et des outils de simulation ? Comment introduire la dimension « temps » et mettre en exergue les effets contre-intuitifs entre le court et le long terme suite à une ou plusieurs décisions ? Comment accroître les niveaux d'abstraction grâce à la modélisation avec le danger que le micromonde développé devienne pour l'étudiant un objet de représentation aussi réel que le monde qu'il côtoie ?*

Nous terminerons cette communication par la présentation des fondements d'une méthode pédagogique dont l'objectif explicite est de développer une attitude créatrice grâce à la modélisation et à la simulation.

Mots clés : Dynamique des Systèmes – Capacité organisationnelle – Carte cognitive - Métamodèle – dialectique

How the teaching of system dynamics can boost cognitive abilities of students?

From practice to theory of a teaching method applied to the learning of system dynamics

Didier Cuména1* et Philippe Boigey**

(*) Didier Cumenal, Full Professor, PhD. Paris I Sorbonne, Director of the Department: Management, Strategy, EBS-Paris, - France. E-mail : didiercumenal@ebs-paris.com

(**) Philippe Boigey, PhD. Student, University of Toulouse 1 Capitole – France – Email : pboigey@orange.fr

Abstract:

Our paper is structured in three parts:

- *First, we remember the definitions of knowledge and ability, and then we present the model of Bloom's taxonomy that organizes knowledge into different levels of acquisition.*
- *Second, from the presentation of a system dynamics model and its simulations that evolved a company over a period of four years, we will identify the process of mental representation of several student groups on the basis of results obtained.*
- *Finally we will question on how to introduce the teaching of system dynamics in learning situations: how to develop systems thinking from the modeling and simulation tools? How to introduce the dimension of time and highlight the effects against-intuitive between the short and long term due to one or more decisions? How to increase levels of abstraction through modeling with the risk that the micro world developed for the student to become an object of representation as real as the world he meets?*

We end this paper by presenting the foundations of a teaching method whose explicit goal is to develop a creative attitude through modeling and simulation.

Keywords: System Dynamics - Organizational Capacity – Cognitive Map - Metamodel – Dialectic

1. Objectifs du papier de recherche

Nous proposons d'établir grâce à une étude descriptive ce que les étudiants apprennent et vivent au cours d'une simulation d'entreprise basée sur la « DS ». Puis nous nous intéresserons au développement de modèles mentaux chez l'apprenant (découverte de relations entre les variables de nature différente et leur intégration dans des structures ; mise en évidence de processus dialectiques, etc.). Nous évoquerons quelques concepts et outils utiles pour décrypter la réalité et les problèmes complexes comme la carte cognitive. Nous terminerons par quelques éléments de réflexion sur la notion de métareprésentation au sein d'un métamodèle que nous avons développé pour les besoins de notre enseignement.

2. Questions de recherche

Quelle sorte de pédagogie pouvons-nous dégager de la « DS » ? Comment pourrions-nous améliorer l'enseignement du management grâce à la Dynamique des Systèmes ? Quels sont les effets de la simulation et de la prise de décision sur les apprenants ? Comment dépasser la pensée linéaire, moniste et s'orienter vers une pensée plus dialectique et systémique ?

3. L'instrumentation, base de notre papier de recherche

Nous avons recueilli de nombreuses données grâce à des outils (Excel) et aussi à partir des questions posées par les participants. Ce matériau a été traité et découpé en deux parties : les données constituées par les résultats des simulations obtenus par les étudiants et celles décrivant leurs comportements cognitifs au cours des simulations. Ces données ont permis d'enrichir une base de données, substrat de notre étude.

L'échantillon concerne plus d'une centaine d'étudiants qui sont structurés en groupe de cinq étudiants et utilisant un outil de simulation d'abord développé sous le logiciel Vensim puis convertit sous l'outil de simulation Stella. Nous enseignons la Dynamique des Systèmes depuis 1983 dans plusieurs universités et écoles et utilisons des simulateurs d'entreprise depuis 1995¹. Nous en avons tiré une expérience pédagogique et avons porté un regard sur les modèles mentaux des étudiants en situation de décider.

L'emploi d'un outil de simulation, révélateur d'un nouveau style cognitif

Selon nous l'ère des outils de simulation, des « serious game »² développe un nouveau style cognitif, mais révolutionne aussi l'apprentissage en s'appuyant sur l'approche constructiviste. Le nouveau style cognitif dont il est question est caractérisé par une pensée interactive manipulant et mutualisant des objets de gestion et d'organisation variés et aussi comme le disent T. Asakawa et N. Gilbert [2003] par un apprentissage multitâches. La simulation numérique encourage l'approche constructiviste qui peut être identifiée par les séquences suivantes : l'apprenant simule en premier lieu, analyse la situation (au temps T_0), comprend et extrapole pour appliquer ses acquis dans une nouvelle simulation. Celle-ci, à son tour, engendre à l'instant suivant une nouvelle situation (T_0+1) et ainsi de suite selon la boucle de rétroaction suivante :

¹ DESS Gestion Technique de l'Innovation animé par François Romon (Université de Technologie de Compiègne de 1995 à 1998) ; Le DESS Technique Statistique et Informatique piloté par Maurice Desplas (Université de Paris 2 Assas de 1998 à 2001). Puis dans deux grandes écoles : ESCM (ESC de Tours & Poitiers de 2001 à 2004) et à l'ISC Paris (MBA Marketing et Technologie de l'Information de 2005 à 2009).

² Le « serious game » est la combinaison de ressorts ludiques (vidéo, animatique) avec une composante éducative sérieuse permettant de dérouler un ou plusieurs scénarios pédagogiques

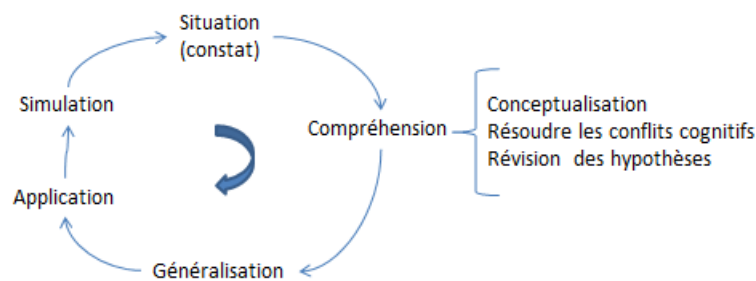


Schéma 1

La simulation place les apprenants dans une situation d'actions plutôt que de conduire des observations passives à l'aide d'une étude de cas fermée³ ou encore être à l'écoute des théories enseignées sans en mesurer leur application et leur limite. Selon Alain Badiou [1969] le modèle ne doit rien représenter ! Il est un dispositif expérimental et non un substitut de la théorie, de la réalité. Il est vrai que la simulation nous permet d'envisager des situations même impensables. C'est ce qui fait sa force : sortir des sentiers battus en imaginant des situations fictives, et finalement pas tout à fait improbables ! C'est ce que l'on appelle les mondes possibles.

Pour l'enseignant, le modèle devient un miroir où se projettent les étudiants et où émerge leur représentation, leur pensée. Nous avons pu ainsi noter que bon nombre d'étudiants raisonnent et décident à coup de « Kilos Euros » ! Pour ces derniers, le modèle et la simulation leur permettent de construire des représentations d'eux-mêmes à partir des décisions prises. La simulation numérique démontre les contradictions internes d'une stratégie fonctionnelle qu'ils ont initialisée. La simulation identifie les coûts cachés, elle met en exergue le non manifesté, l'incertain, mais aussi permet de découvrir les leviers de la performance au départ insoupçonnés. C'est la métaphore de l'iceberg : un sixième au-dessus de l'eau où émerge le rationnel et cinq sixième sous l'eau où se situe l'irrationnel non mathématisable !

Comment mesurer le changement des états cognitifs ?

B. Bloom a eu le mérite de nous faire prendre conscience que l'on a trop privilégié l'acquisition de la connaissance en mémorisant des atomes de savoirs et n'activant pas suffisamment les processus cognitifs supérieurs. L'intérêt de sa taxonomie précise David Mac Kay [1956] est qu'elle permet d'identifier la nature des capacités sollicitées et de montrer leur évolution.

C'est un outil à disposition de l'enseignant pour évaluer les progrès de ses élèves. Rappelons que Benjamin Bloom [1956] considère six catégories cognitives : Acquisition des connaissances (mémorisation) ; compréhension ; application ; analyse ; synthèse (création), évaluation (formulation de jugements). Cependant, dans cette classification, le savoir, la connaissance apparaissent comme des éléments indépendants.

Or, selon nous, on a négligé les relations et les interpénétrations entre ces objets de la pensée qui créent un système complexe d'apprentissage. Pour nous, l'objectif pédagogique est d'actionner les compétences de l'individu dans un contexte organisationnel où il s'intègre et où s'exerce aussi l'action collective par le travail d'équipe. L'apprentissage est un système social complexe. Bien que l'approche de B. Bloom est pertinente, car elle caractérise l'évolution des objectifs pédagogiques pour un apprenant, nous avons développé une autre approche qui nous conduit à la préciser la notion de capacité organisationnelle. En effet l'exploration de situations simulées par des groupes ou des cohortes d'étudiants nous a amenés à nous focaliser sur le concept de capacité organisationnelle.

Le tableau que nous avons bâti ci-après explicite le cheminement qui mène à cette notion.

³ Le cas fermé fait allusion à un texte où toute l'information y est contenue évitant ainsi à l'élève des recherches personnelles hors du périmètre du cas.

	Définition	Caractéristique	Antécédent
Connaissance et Connaissances métacognitives	Savoir intellectuel ou d'expérience acquise par un transfert d'apprentissage ou assimilé sur le terrain ou bien encore immanent à l'homme A un niveau méta, un individu a conscience de ses savoirs (Exemple : contradictions entre les savoirs techniques et managériaux)	Est indépendant de ce qu'en peut en faire l'homme, c'est-à-dire que la connaissance se situe avant sa mise en œuvre, son usage Mettre en œuvre un processus de questionnement, de surveillance cognitive (Exemple : les savoirs sont-ils utiles pour moi ? etc.)	Savoirs
Compétence individuelle spécifique	Ensemble de savoir-agir ⁴ , de savoir-faire c'est-à-dire exploitant des connaissances. Ce savoir-agir est rattaché à des dispositions naturelles de l'homme (logique et rationalité, sens des relations avec les autres, intelligence de soi, etc.)	Montre comment l'homme s'est approprié le savoir et comment il l'actionne dans une situation donnée. La compétence est aussi disciplinaire, car elle est liée au traitement d'une question spécifique (dérive budgétaire, par exemple)	Connaissance
Compétence organisationnelle	Habilité permettant d'optimiser le mode d'organisation du travail, la coordination et l'intégration des tâches et des activités, les relations du travail, de tirer profit de l'informel de l'organisation et des jeux de pouvoir	La compétence organisationnelle qui se situe au niveau du groupe n'est pas la somme des compétences individuelles. Elle les transcende.	Compétence individuelle
Capacité organisationnelle	Combinaison de ressources tangibles et intangibles comme les compétences intra et inter organisationnelles, les informations et les communications mobilisées dans le réseau organisationnel	La capacité organisationnelle est suscitée dans une situation d'intégration où s'exerce l'action collective et intentionnelle. Elle concrétise le savoir-faire de l'organisation	Compétence organisationnelle
Capacité organisationnelle dynamique	Déploiement dans le temps de la capacité organisationnelle au contact de situations successives qui mène à des changements d'état (évolution)	La capacité organisationnelle peut mener à l'obsolescence, mais est aussi en mesure de se transformer, voire même se métamorphoser sous la pression des événements	Capacité organisationnelle

Nous pensons que la Dynamique des Systèmes appliquée au Management permet à l'étudiant d'appréhender progressivement la capacité organisationnelle. Celle-ci combine et met en action un ensemble de ressources pertinentes et diverses de l'entreprise dans une situation d'intégration (étude de réorganisation, management de projet, etc.). Ces ressources couvrent : des connaissances collaboratives intra et inter-organisationnelles, des réseaux organisationnels d'échanges de ressources, des technologies, des informations, des moyens financiers, des schèmes, etc. Pour Amit R. & Schoemaker P.J.⁵: "Capabilities, [...] refer to a firm's capacity to deploy Resources, usually in combination, using organizational processes, to effect a desired end. They are information-based, tangible or intangible processes that are firm-specific and are developed over time through of as 'intermediate goods' generated by firm's Resources..."

L'apprentissage de la Dynamique des Systèmes réintègre le temps dans le processus de décision. La simulation ne se fixe pas sur l'instant présent d'une situation, mais sur ses mouvements ascendants et descendants avant et après. De plus, notre pensée a tendance à gommer les délais qui séparent les actes de leurs conséquences. La capacité organisationnelle dynamique c'est penser système dans son histoire, c'est percevoir les métamorphoses d'une organisation au cours du temps, c'est prendre en compte, à la fois, plusieurs facteurs de nature différente, c'est anticiper la multiplicité des effets secondaires. C'est aussi prendre conscience des compétences, des ressources qui entrent en compétition et comment en surmontant ces contradictions, on est conduit à rechercher des solutions adaptées.

⁴ Le Boterf, G., De la compétence. Essai sur un attracteur étrange, Les éditions d'organisation, 1995

⁵ Amit R., Schoemaker P.J., Strategic Assets and Organizational Rent, Strategic Management Journal, 14, PP 33-46, 1993

4. Le déroulement d'une simulation type sur laquelle repose notre étude

Une simulation type dure deux jours. Elle est structurée en cinq parties comme le montre le schéma 2 qui suit.

- Les étudiants participent à une étude de cas stratégique (Cas ACME⁶) qui les met en situation d'analyser et de proposer un ou plusieurs axes d'amélioration. Ce cas fait appel à un raisonnement systémique que les étudiants, dans l'ensemble, occultent à priori. Il nous est donc possible d'identifier un ou plusieurs profils d'étudiants grâce à la taxonomie de Bloom et à celle que nous avons présentée ci-dessus.
- Dans un second temps, chaque étudiant utilise le mode automatique du simulateur qui en fonction de la mémoire conservant les résultats et du « moteur⁷ » prend lui-même des décisions. Le simulateur est organisé autour des grandes fonctions de l'entreprise. L'outil utilise les principes et les techniques de la dynamique des systèmes. L'ordinateur décide seul et l'apprenant est chargé d'analyser les résultats. À partir des courbes et des chiffres de la simulation, l'étudiant est invité par l'enseignant à identifier les relations entre les composants à l'intérieur du modèle qui peuvent expliquer les comportements observés. C'est une approche par la découverte des grandes relations et interactions qui relient les objets de gestion et d'organisation au sein de ce modèle.
- Dans une troisième étape, le mode automatique est déconnecté et l'étudiant prend des décisions seul. Il peut ainsi mesurer dans le temps les effets contre-intuitifs des décisions prises. Les délais, le temps de réaction sont ainsi intégrés dans la simulation. On lui demande d'explicitier les comportements observés.
- La quatrième période est caractérisée par un travail de groupe (4 à 5 étudiants) qui se distribue des rôles fonctionnels ou transversaux à partir de l'outil. Au cours de la simulation, les logiques de gestion et d'organisation en silo ou verticalisées sont mises en évidence. Les étudiants découvrent qu'il faut ensemble donner du sens à leur décision, car les impacts interfonctionnels sont nombreux et ils constatent que l'optimum global n'est pas toujours la somme des optimums locaux.
- La dernière étape introduit la compétition entre entreprises. Ce mode compétition met ainsi en évidence, comment une entreprise apprend pour être compétitive, comment elle doit développer ses capacités organisationnelles distinctives, inimitables pour survivre et à contrario comment elle peut tomber dans l'obsolescence organisationnelle et disparaître.

Les données afférentes aux décisions prises et aux résultats de la simulation sont automatiquement conservées dans un fichier Excel. Par ailleurs les requêtes des étudiants ont été mémorisées dans des fichiers Word et ont fait l'objet d'une analyse sémantique à partir d'un outil de « TextMining » (WordMapper).

⁶ Le cas ACME, Peter Senge, La Cinquième discipline, Éditions General First, 1991

⁷ Moteur : il s'agit d'un système de rétroaction basé sur des calculs d'écart entre les normes, les bonnes pratiques et les résultats réels

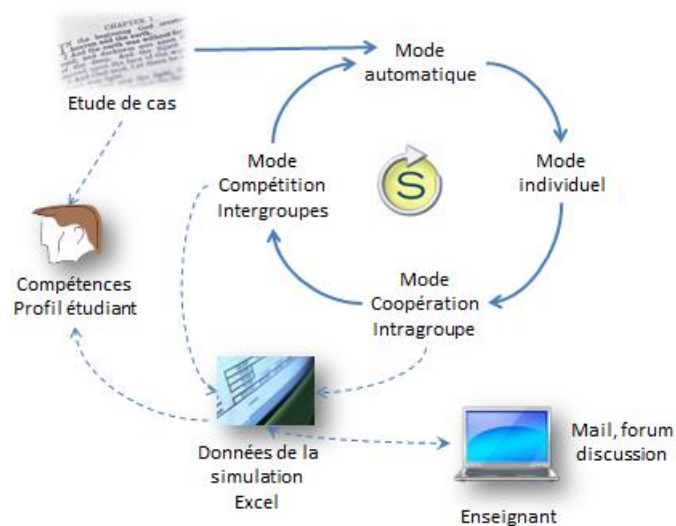


Schéma 2

5. Les résultats et la discussion

Les résultats

Nous avons statistiquement déterminé deux classes d'étudiants au vu de leurs performances⁸ : Les étudiants talentueux, et ceux qui le sont moins. Rappelons que les étudiants sont constitués en groupe de cinq.

Le schéma 3 met en évidence deux courbes. La courbe du bas représente le groupe le plus performant. Dans celui-ci, les étudiants posent beaucoup de questions au début de la simulation, et de moins en moins au fur et à mesure de son déroulement. Parallèlement les variables sélectionnées par la prise de décision sont peu nombreuses durant les premières périodes, puis elles s'accroissent de manière substantielle au cours du temps. Inversement, la courbe du haut concerne le groupe le moins émérite. Elle présente une symétrie par rapport à la courbe précédente. Beaucoup de décisions et peu de questions au début et inversement à la fin de la simulation.

Mais quelles sont les variables qui sont prises en compte ? Le schéma 4 montre, pour tous les groupes, la répartition des variables sélectionnées sur deux périodes (partie initiale de la simulation, et partie finale). Dans les premiers moments, on constate qu'il y a deux catégories de variables : les variables quantitatives (finances, production) qui concentrent l'attention et les variables plus qualitatives (« RH », organisation) qui sont dans un premier temps sous-estimées. Bien plus tard (milieu et fin de la simulation) on constate que les variables quantitatives et qualitatives sont abordées ensemble avec le même poids dans la prise de décision. L'un des intérêts de la dynamique des systèmes est d'imbriquer le qualitatif (aptitudes, attitudes, etc.) et le quantitatif dans le processus de décision et d'en observer les effets au cours du temps.

Le fait pour un étudiant de se centrer, tout d'abord sur les variables quantitatives et en particulier privilégier la finance est classique. Il s'agit d'une attitude moniste qui se résume à l'affirmation suivante : « le monde des affaires est formé que d'une seule réalité ou substrat fondamental : la finance quantitative ! »

⁸ La performance dans la simulation est une fonction « score » constituée du résultat financier, de la part de marché, de la motivation du personnel, de la valeur produite (rapport performance-prix ; la performance étant constituée de la qualité, des délais et des fonctions de service attendues par le client)

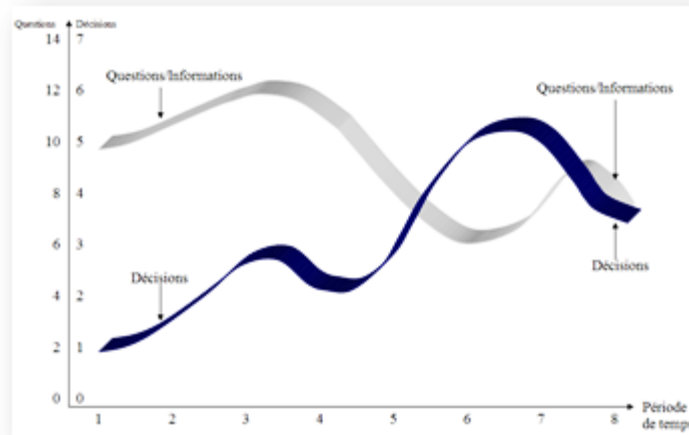
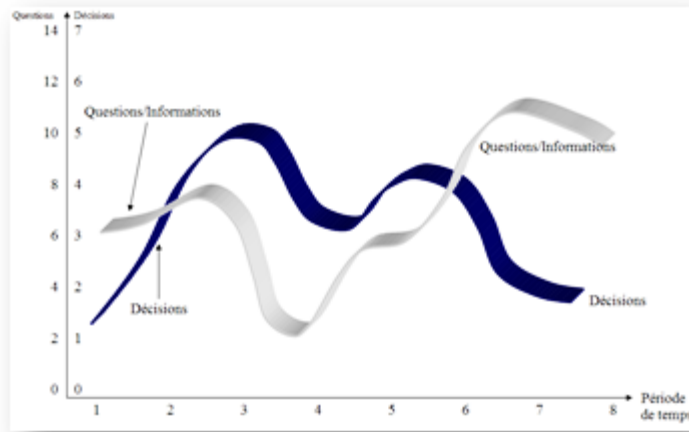


Schéma 3

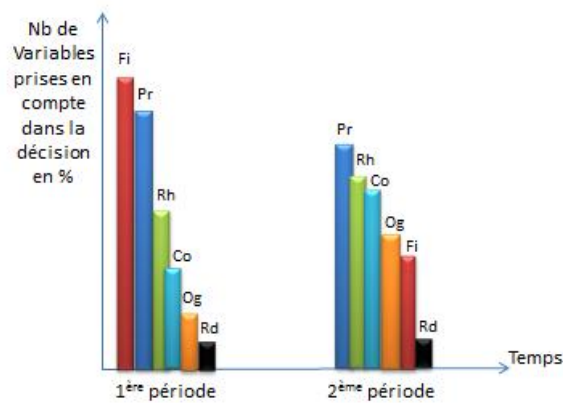


Schéma 4

La discussion

Nous donnerons, d’abord, quelques définitions du modèle, de la simulation et de la notion d’apprentissage

Le modèle peut être défini comme : « une image mentale que chacun se fait du monde » J.W. Forrester [1971].

Plus précisément, le modèle peut se comparer à un ensemble d’actions qui visent à réduire un puzzle où trop d’informations nous paralysent à quelques pièces seulement. Modéliser c’est catégoriser la réalité en classes d’objets ayant des propriétés communes afin de réduire la complexité. La simplification permet à l’apprenant de s’attarder à certains éléments du modèle qui auraient pu échapper à son attention dans la réalité

La simulation est un outil, bien souvent un programme informatique qui fait vivre et expérimente un modèle, censé représenter la réalité. C'est donc une technique exploratoire de mondes possibles, une tentative de recherche de logique explicative.

Apprendre selon Louise Sauvé [2010] « c'est modifier son comportement, mais aussi et surtout changer la signification que nous donnons à notre expérience »

6. Quels sont les apports pédagogiques de la « DS » ?

La cause se trouve dans les interactions entre les objets de gestion et d'organisation

L'approche par les diagrammes causaux et dynamiques permet de détacher l'étudiant du raisonnement linéaire traditionnel, mécanique basé sur chainage linéaire : cause → effet. Pour le philosophe David Hume (1711-1776) : la cause est l'antécédent, elle est réduite à la précession – succession, ce qui atrophie le raisonnement, car s'il y a des causes qui produisent des effets et ces derniers sont à leur producteur des causes qui les ont engendrées ! La Dynamique des Systèmes extirpe l'étudiant de cette approche causale classique, car la cause se trouve bien souvent dans les interactions entre objets et non pas dans un ou plusieurs éléments. Aucun élément n'est causal, la compréhension d'un système requiert l'ensemble de ses interactions qui rapproche les phénomènes les uns les autres en les combinant d'un point de vue transversal.

Le temps de l'évolution, son déploiement

La dynamique des Systèmes réintègre le temps, la durée dans le processus simulé de décision, là où bien souvent la pression du temps nous condamne à l'instantané, au furtif. Dietrich Dörner [1989] dit fort bien que « nous sommes les esclaves de l'instant. La « DS » intègre le temps de l'évolution, donne du mouvement. Elle évite de se fixer sur l'état présent d'une situation. Ce qui compte c'est le mouvement ascendant ou descendant du système qui se déploie dans le temps et non l'instant présent qui n'est qu'un bref moment. Notre pensée privilégie l'instantané, elle perçoit difficilement les phénomènes qui émergent progressivement. Elle tend à négliger les problèmes qui ne se posent pas directement à elle (effets secondaires) et ne tient pas compte des délais qui séparent nos actions de leurs conséquences.

La dynamique des systèmes nous permet de porter trois regards sur une organisation dont les deux derniers sont pour nous les plus importants :

- L'instantané (To) : le temps est exclu, éliminé. Il s'agit de réaliser une coupe verticale. On privilégie l'aspect synchronique où les phénomènes se produisent en même temps.
- Le passé, l'histoire (To, Tn+1) : la succession de moments, d'événements mémorisés le constitue. C'est un point de vue diachronique où les phénomènes se succèdent, subissent des transformations dans le temps.
- L'historicité, c'est le mouvement, l'évolution, la succession logique de changement d'état. Le système prend du sens par son but. Le devenir, la formation de la culture d'entreprise n'est pas le fruit du hasard. Ce qui semble continu à notre échelle de temps peut être fondamentalement discontinu à long terme. En effet, l'histoire procède par rupture, et comme on le verra par un processus d'intériorisation des contraires.

L'émergence des structures et les changements d'état d'un système

La « DS » met en évidence des structures (par exemple couplage plus ou moins fort entre les boucles de rétroaction) qui donnent du sens aux comportements observés. Selon nous, elle est la discipline des « structures de gestion », c'est-à-dire une manière d'assembler des objets idéalisés et apparemment qualitativement distincts (ressources humaines, production, finances, etc.).

La « DS » permet d'explorer les propriétés et les changements d'état d'un système. Elle est l'étude de la dynamique de sa transformation plutôt que celle du fonctionnement de l'organisation (optimisation des postes de travail et des procédures, meilleure affectation des tâches, etc.). Elle n'est pas non plus l'étude de la façon dont les groupes, les acteurs travaillent ensemble dans l'organisation selon des relations de pouvoir.

La dialectique ou l'intériorisation des contraires

Un point particulièrement intéressant et important est celui des effets suscités par le jeu des boucles de rétroaction dont la polarité⁹ est opposée.

Le système de représentation de la « DS » peut en effet générer des données contradictoires par rapport à celles attendues, mais aussi des effets contre-intuitifs dans le temps par l'alternance des boucles de rétroaction qui dominent à tour de rôle. Cela engendre un malaise, une inquiétude chez l'apprenant par rapport à ses croyances. Il y a alors dissonance cognitive selon L. Festinger [1957] et aussi compétition entre les modes de pensée d'après A. Demetriou et A. Raftopoulos [2005].

Selon L. Seve [2005], la dialectique est la « pensée logique des contradictions » ou encore, il ajoute : « le tout est et n'est pas la somme de ses parties ; la cause est et n'est pas l'antécédent de l'effet ; le déterminisme est et n'est pas synonyme de prédictibilité... Chaque action devient elle-même son opposé »

Pour Friedrich Hegel [édition 1970], « la dialectique est l'élucidation des contradictions de toutes les catégories. Elle est suppression et dépassement de la négation... Elle est le principe de tout mouvement, de toute vie et de toute activité »

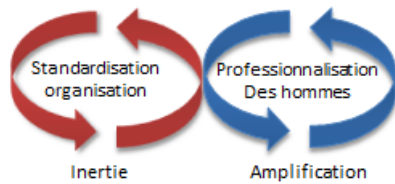
Le schéma 5 qui suit nous montre l'opposition qui existe entre une organisation où l'on gratifie la professionnalisation, les marges de liberté des hommes et une organisation formalisée, standardisée où tout se veut mécanique. Dans le premier cas on tire profit des incertitudes, dans le second cas on veut réduire les incertitudes, les aléas. Dans ce dernier cas, il y a négation du premier paradigme. Le modèle que nous avons développé intègre ce type de boucles de rétroaction antagonistes.

Il y a en effet contradiction à un instant donné, mais le déploiement du système au cours du temps dépasse les contraires, car quel que soit le système l'un ne s'est pas fait sans l'autre. Si l'on prend le « Taylorisme » et le courant du management moderne, on constate que celui-ci ne nie pas totalement le premier et ne s'est pas fait sans lui. L'histoire nous montre bien que les systèmes économiques, sociaux, politiques techniques se développent bien par un processus d'intériorisation des contraires.

À partir des modèles développés en Dynamique des Systèmes, il n'est pas rare d'assister graphiquement à une succession de cycles, de fluctuations qui sont des moments dialectiques. C'est le cas de bon nombre de modèles économiques, écologiques, etc.

La « DS » active les représentations mentales qui peuvent s'opposer à un instant donné, mais qui finissent par s'enrichir les unes par rapport aux autres et font ainsi progresser l'esprit de synthèse.

⁹ La polarité traduit des boucles d'amplification (+) ; des boucles d'inhibition (-)



Dialectique entre deux boucles de rétroaction qui, à priori, s'opposent. Pourtant, il ne s'agit pas d'une aporie. La dynamique des systèmes permet d'intérioriser et de dépasser au cours du temps (court et long terme) deux processus opposés par leur signe. Les organisations se développent par une succession de moments dialectiques.

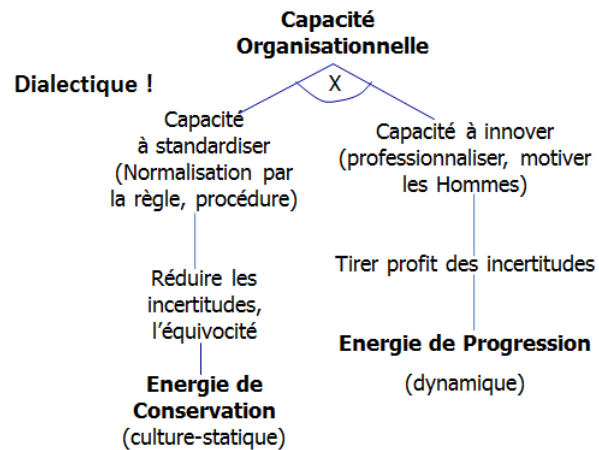


Schéma 5

Le métamodèle et la métareprésentation

Un étudiant à la sortie de son cursus académique a normalement appris à formaliser les bases d'un système de représentation de l'entreprise. Celui-ci permet aux granules de connaissances acquises au cours du cursus scolaire de s'emboîter les unes aux autres et ainsi donner du sens au processus éducatif. Puis ces connaissances et attitudes diverses sont actionnées dans des situations pédagogiques et professionnelles pour constituer les futures capacités professionnelles exigées par les organisations.

Mais comment bâtir ce système de représentation ?

On sait que toute formalisation d'un problème, d'une solution est l'expression d'un point de vue sur un système et par la même une interprétation de la réalité. Nous pensons qu'il est important de faire travailler l'étudiant sur la métareprésentation qu'il a élaborée progressivement au cours de ses études et de ses stages. Au cours de la modélisation de l'entreprise et des simulations numériques déclenchées par ses décisions, l'apprenant est conduit par l'enseignant à s'interroger sur ses propres démarches mentales.

Dans cet esprit nous avons développé un métamodèle ou modèle du modèle dont la structure causale va nous être très utile pour aider une personne à clarifier ses intentions, dépasser les contradictions logiques qu'il peut rencontrer au cours de situations simulées et peut être vécues par la suite et surtout mieux intégrer les briques de savoir grâce à une approche multidisciplinaire qui forme un tout pédagogique cohérent. C'est un outil qui permet à l'étudiant de prendre conscience de la distance entre l'expérience vécue et l'interprétation qu'il tire de cette expérience.

Notre métamodèle (schéma 6 ci-après) est construit sur une structure causale (boucle de rétroaction). La figure de droite est interprétée comme suit : l'organisé (l'état du système à un moment donné) produit des propriétés (que nous appelons l'organisant). Celles-ci qualifient la nature de l'organisation (fluidité, flexibilité, réactivité, polyvalence, etc.). L'organisant déclenche des résultats (part de marché, marge commerciale, image de marque, etc.). A son tour les résultats analysés engendrent des décisions et des actions qui à leur tour transforme ou modifie à plus ou moins long terme l'état de l'organisé. Ce métamodèle peut être décliné à tous les niveaux de notre outil de simulation. Un autre exemple : la motivation est un état qui produit des propriétés (satisfaction dans le travail, bien-être). Cet organisant engrange progressivement des résultats (meilleure productivité, qualité) qui génère de nouvelles actions comme la transformation de l'organisation (structure par équipe projet par exemple).

Dans la figure de gauche, le métamodèle est instancié à partir d'une situation simulée. La bureaucratie, organisation d'abord centrée sur ses procédures devient ensuite une organisation proche du client avec des responsabilités décentralisées, situées à sa périphérie. Le métamodèle que nous présentons permet aux étudiants de mieux comprendre les changements d'état à long terme d'une entreprise et les contradictions pouvant survenir au cours du temps.

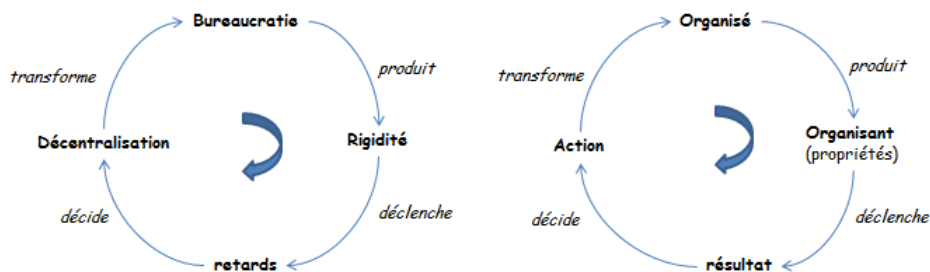


Schéma 6

7. La cartographie cognitive ou causale pour passer d'une représentation individuelle à une représentation collective

Comment bâtir face à une situation complexe et à des perceptions différentes de chacun un schéma conceptuel global basé sur diagrammes causaux ?

Les personnes interviewées sont invitées à émettre individuellement des idées concernant des objectifs et à trouver les liens de causalité entre celles-ci, modélisés par des flèches. Ces idées sont construites autour de verbe d'action suivi d'un complément d'objet (sur quoi porte l'action) et si possible d'un critère de performance (exemple : 1^{ère} idée : accroître la part de marché de +10% dans les trois prochaines années qui est liée à la 2^e idée : pour ce faire réduire le taux d'insatisfaction des clients de 5%). On demande ensuite à la personne concernée de se projeter positivement dans l'avenir et de préciser les conditions de réalisation de ces objectifs (par exemple : recruter des seniors afin d'élever le niveau des compétences ; renforcer la formation permanente ; Investir dans du nouveau matériel pour diminuer les rebuts). On génère donc par cette approche des antécédents causaux. On mesure ensuite le degré d'influence des idées : nombre d'idées influençant directement d'autres idées, et nombre d'idées influencées directement par d'autres concepts. On obtient ainsi un poids pour chaque idée ou chaque concept. On détecte les idées qui sont fortement partie prenante dans des boucles. La difficulté de cette approche tient au fait que les discours des individus contiennent des concepts dont le niveau d'abstraction n'est pas toujours le même. Plusieurs individus peuvent évidemment énoncer plusieurs types de représentation d'un même problème. De même il n'est pas toujours facile de mesurer l'importance relative de chaque concept. A titre d'exemple simplifié, le schéma 7 ci-dessous montre l'enchaînement des étapes qui conduisent à l'élaboration des diagrammes causaux en Dynamique des systèmes

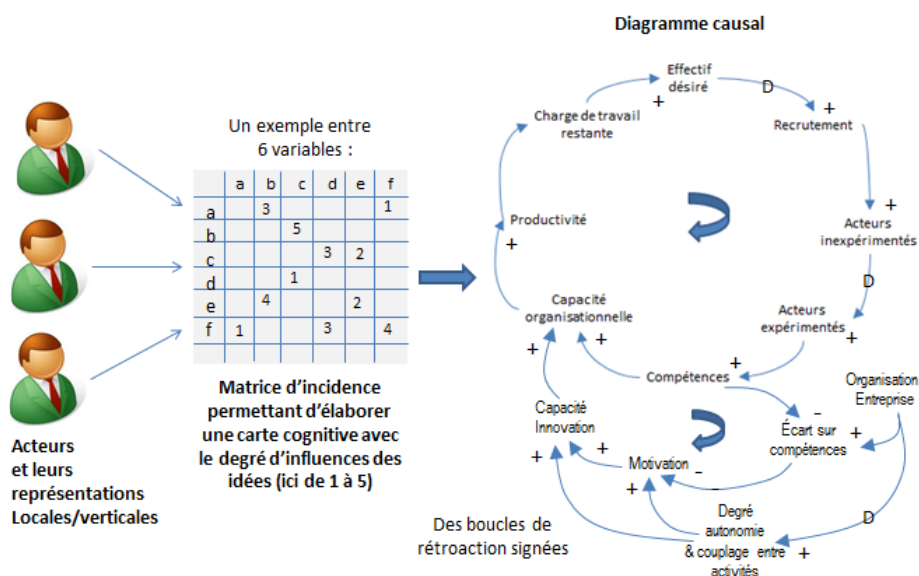


Schéma 7

Notons que le métamodèle que nous avons présenté (voir schéma 6) nous aide à structurer le diagramme dynamique consécutif au diagramme causal. Ce travail ne rentre pas ici dans le périmètre de cette étude.

L'objet d'un parcours pédagogique de formation en management est de compléter et par là même renouveler les approches traditionnelles d'enseignement en introduisant une approche systémique, à travers la mobilisation des cartes cognitives et causales, pour mieux appréhender la complexité dynamique de l'entreprise. Plus précisément, cette approche vise à développer auprès des étudiants une approche cognitive du management à partir des représentations mentales (Cossette, 2004) grâce aux cartes cognitives ou causales (Eden et al., 1992). Celles-ci se focalisent sur les liens de causalité entre les éléments cognitifs des acteurs, à partir de l'analyse d'un ensemble de situations problématiques que l'on rencontre en entreprise.

Mais pourquoi utiliser les cartes cognitives ou causales dans l'enseignement ? Si plusieurs explications sont envisageables, deux raisons sont essentielles :

- La première tient au fait que les cartes cognitives ou causales sont une façon d'aborder la complexité et la dynamique qui caractérisent le comportement des individus dans une situation donnée, pour permettre au final d'élaborer une structure cognitive partagée au sein d'un groupe d'acteurs, en vue d'améliorer la performance décisionnelle. La formalisation du diagramme causal en dynamique des systèmes est l'aboutissement de la carte cognitive.
- La seconde, parce que les parcours de formation restent, de notre point de vue, très statiques, ils ne pointent que trop rarement le développement des capacités des étudiants à matérialiser et à traiter les problèmes complexes auxquels ils seront confrontés demain, ou à mobiliser des approches et opérationnelles pertinentes pour piloter une unité, des projets complexes et résoudre les problèmes qui en découlent.

Notre approche pédagogique privilégie l'exploration d'une réalité sociale en construction basée sur l'analyse des processus intentionnels d'interaction entre les individus et les groupes d'individus qui s'expriment lors des situations problématiques.

L'approche heuristique, que les cartes cognitives expriment, se fonde sur une approche systémique à la fois ouverte, transparente et capable d'expliquer non seulement les mécanismes complexes de la dynamique du projet, mais également les boucles causales qui sont susceptibles d'apporter des éléments de réponse aux dysfonctionnements du fonctionnement d'une unité d'un projet.

Ainsi, à partir d'un exemple de simulation d'entreprise dans lequel les dépassements dans les délais, les nombreux retours qualité ou l'accroissement des coûts sont fréquents, on propose aux étudiants d'en formuler des explications possibles à travers une analyse causale. Car si les explications sont nombreuses, variées et variables selon les organisations et après l'identification des principales causes susceptibles d'expliquer directement ces dépassements, il reste toujours un nombre important d'éléments inexpliqués. Ces éléments inexpliqués sont d'abord et avant tout le produit de l'enchevêtrement d'un ensemble plus vaste de boucles de causalités dont l'intelligibilité, comme celle du comportement chaotique global qu'elles génèrent, ne peut être mise à jour qu'à partir de méthodes aptes à enrichir la représentation de la réalité que se font les participants de cette situation problématique.

Cette méthodologie de cartographie cognitive que nous évoquons, dans le cadre de la structuration et la résolution de problèmes, se nomme SODA (*Strategic Options Development and Analysis*) ; elle a été développée par Eden (1989). Elle regroupe en réalité un ensemble de techniques de modélisation qui, sur la base d'un travail d'interviews des différentes parties prenantes d'une situation problématique, va non seulement permettre d'identifier des solutions et des leviers d'action, mais également favoriser, en amont, la structuration du problème. Son intérêt est de s'attacher aux interventions humaines pour capturer le sens et la signification interprétative que chacun fait d'une même situation problématique. En révélant de nombreuses facettes de la réalité sociale, en mettant à jour leur incohérence, leur désordre, leurs logiques conflictuelles, leurs

ambiguïtés et donc leurs malentendus, cette méthode permet d'appréhender la complexité de la situation comme celle qui résulte de telles lectures contrastées et de leurs évolutions, au gré des variations de la problématique à traiter.

SODA : de la carte cognitive à la résolution de problèmes complexes

La méthode des cartes cognitives développée par Eden et al. (1979) peut se définir comme la traduction graphique d'une représentation mentale que se fait une personne d'une situation complexe. Elle repose sur un processus discursif d'enquête et s'ancre dans les propres expériences cognitives et les représentations de l'objet que la personne exprime avec ses valeurs et ses croyances. La carte cognitive est composée de deux types d'éléments : les concepts et construits théoriques d'une part et les liens de causalité d'autre part qui forment alors un réseau sémantique appelé « carte cognitive ».

D'un point de vue conceptuel, cette méthode des cartes cognitives repose sur la théorie des construits personnels qui propose de comprendre comment un individu explique le monde dans lequel il évolue et lui donne sens *via* des concepts (*i.e.* des construits humains) qu'il mobilise et qu'il relie les uns aux autres pour gérer et contrôler une situation. Pratiquement, chaque personne construit sa propre carte de la situation problématique perçue et élabore une théorie unique ; sur la base d'un argumentaire structuré, chaque personne est alors capable de confronter ses idées et ses perceptions pour défendre sa propre représentation face à d'autres participants. Les différentes cartes sont alors fusionnées pour former une carte stratégique unique extrêmement riche, traduisant ainsi la complexité perçue de la situation. Cette carte est donc la traduction graphique de la complexité d'une situation qui a un sens particulier pour l'ensemble des parties prenantes. Il s'agit bien d'une représentation holistique et négociée de la complexité d'une situation, c'est-à-dire le fruit de l'expression des dynamiques sociales qui ont permis sa traduction. Les participants, à travers cette méthodologie d'investigation de la complexité en action, prennent alors conscience qu'ils sont non seulement des acteurs réflexifs capables de travailler collectivement à la résolution d'un problème complexe, mais aussi, et avant tout, les coproducteurs de l'environnement médiant et immédiat dans lequel ils s'insèrent, qui, par leurs actions, perceptions, attitudes, croyances et valeurs, façonnent les structures dans lesquelles ils évoluent.

Une fois que la carte cognitive ou causale éclaire ce qui s'est passé au cours du projet, différentes analyses sont menées dont celle portant sur les déclencheurs, c'est-à-dire sur les événements ou actions qui jouent un rôle important dans la situation problématique étudiée et donc dans la chaîne causale d'arguments. Même si une discussion avec les différentes parties prenantes, lors de l'analyse du modèle qualitatif, permet d'identifier ces déclencheurs, leur identification reste facilitée par l'outil informatique qui les détecte automatiquement. Après cette identification (graphe de droite dans le schéma 1), et en prenant toujours appui sur la carte causale, il s'agit d'expliquer précisément et finement la signification et le sens de chaque déclencheur et la manière dont ils se rattachent, s'interpénètrent et se nourrissent mutuellement les uns des autres dans un continuum cohérent pour former une chaîne de causalité richement détaillée. L'étude servira à nourrir les discussions et la réflexion du groupe de participants sur les impacts et les conséquences du déclencheur étudié, pour peut-être s'enrichir de nouvelles variables que l'analyse fera émerger. Cela permet donc aux participants de développer leur réflexivité et de prendre conscience du caractère systémique du déclencheur étudié. Cette exploration de la complexité est itérative et progressive. C'est bien par ce processus discursif de confrontation des différents points de vue que l'on progresse dans la compréhension du phénomène étudié pour gagner en richesse tout comme dans l'amélioration des connaissances, par modification et actualisation des modèles mentaux existants.

Pour autant, si la construction d'une carte cognitive permet de mieux comprendre une situation problématique donnée, il nous paraît nécessaire de franchir une étape supplémentaire pour transformer ce modèle qualitatif en un modèle quantitatif supportant la simulation. L'enjeu, derrière, est non seulement d'expliquer le passé en reproduisant des phénomènes qui l'ont marqué,

mais également de tester de nouveaux scénarios qui pourront infléchir les trajectoires à venir et donc dégager des futurs possibles jusque-là insoupçonnés. Cette technique de construction de modèles quantitatifs est réalisée à partir de la dynamique des systèmes et d'un outil informatique (Stella, Powersim Studio, Vensim, Madonna, etc.) à base d'équations différentielles. Il ne s'agit pas simplement d'une technique de modélisation, mais bien d'un outil prospectif puissant utile à l'enseignement.

Remarques conclusives

Nous sommes partis d'une étude statistique qui a permis de mettre en évidence des classes d'étudiants à partir d'un simulateur d'entreprise que nous avons développé. Nous avons étudié la façon dont ils décidaient, s'informaient. Puis nous nous sommes demandé quels étaient les apports pédagogiques de la Dynamique des systèmes qui sous-tend notre modèle. La Dynamique des Systèmes apporte des changements dans la manière d'explorer un système complexe et l'on peut dire que l'entreprise s'inscrit bien dans celui-ci. L'étudiant découvre qu'il faut se méfier des remèdes anti-symptômes et que la cause n'est pas dans un élément du système, mais tire souvent son origine des relations entre les objets de gestion et d'organisation. L'apprenant est invité à réintégrer le temps dans sa réflexion, et mesure les effets contre-intuitifs des décisions prises sur le long terme. Il est incité à porter trois regards sur l'organisation et est amené à découvrir en particulier le concept d'historicité, c'est-à-dire le sens de l'histoire, l'évolution, la succession logique de changement d'état du système, le passage de l'histoire subie à l'histoire conçue. Au court de l'évolution du système, l'étudiant découvre la négation, les contraires (les effets contre-intuitifs). Puis l'étudiant est confronté à la notion de dialectique qui crée un mouvement de la pensée. Il découvre que le temps intériorise les contraires par le dépassement et la réconciliation. Le métamodèle qui est présenté à l'apprenant amène celui-ci à élargir sa représentation (métareprésentation). Le métamodèle permet de dépasser les contradictions logiques que peut rencontrer un étudiant au cours de situations simulées et aussi mieux intégrer les briques de savoir dans un tout pédagogique cohérent.

Nous avons tenté, de manière très synthétique, de présenter à la fois une méthodologie apte à capturer la complexité d'une situation problématique, de l'illustrer par un exemple concret et de révéler le processus d'apprentissage qu'elle sous-tend. Au-delà de la construction d'une carte cognitive, c'est bien la démarche dynamique du projet qui est réintégrée pour montrer que l'entreprise et son organisation forment avant tout un système boucles en perpétuel mouvement. En d'autres termes, les boucles sont au cœur de la dynamique des entreprises et leur étude permet par extension et extrapolation de mieux comprendre certaines situations de changement rencontrées dans l'organisation. Il devient alors possible de modéliser la complexité de l'entreprise. L'enjeu reste important : ne jamais évacuer la composante sociale des systèmes organisationnels comme les mouvements qui en résultent. Sa portée opérationnelle, en termes de pilotage, est de pouvoir tirer de cette réintégration d'éléments de compréhension de l'action collective des savoirs actionnables : par un effort de projection (*via* la simulation notamment), agir sur la production ou le remodelage de savoirs pertinents qui permettent d'ajuster l'action et d'en maîtriser le déroulement.

Références bibliographiques

- Alberto Franco, L., G.Montibeller, Facilitated modelling in operational research, European Journal of Operational Research xxx (2009) 1–12, 2009
- Amit R., Schoemaker P.J., Strategic Assets and Organizational Rent, Strategic Management Journal, 14, PP 33-46, 1993
- Asakawa, T., & Gilbert, N., Synthesizing experiences: lessons to be learned from internet-mediated simulation games. Simulation and Gaming, 34(1), 10 – 22, 2003

Badiou, A., *Le concept de modèle*, Paris Maspero, p 14, 1969

Bloom, B., *Taxonomy of Educational Objectives*, Longman, 1956

Demetriou, A., Raftopoulos, A., *Cognitive Developmental Change, theories, models and measurement*, in *Cambridge studies in cognitive and perceptual développement*, N°10, janvier 2005)

Dörner, D., *la logique de l'échec*, Flammarion, p 230, 1989

Eden, C., Jones, S., and Sims, D., *Thinking in Organisations*, Macmillan, London, 1979

Eden, C., *Using Cognitive Mapping for Strategic Options Development and Analysis*. In: Rosenhead J (ed). *Rational Analysis for a Problematic World*. Wiley: Chichester, 1989

Eden, C., F.Ackermann, "Making Strategy: the journey of strategic management". London: Sage Publications Ltd., 1998

Festinger, L., *A theory of cognitive dissonance*, Standford University Press, 1957

Forrester, J.W., *World Dynamics*, in Cambridge, Wright Allen Press, 1971

Hegel, F., *la science de la logique 1^{er} tome de l'encyclopédie des sciences philosophiques*, Vrin Paris, 1970

Le Boterf, G., *De la compétence. Essai sur un attracteur étrange*, Les éditions d'organisation, 1995

Mac Kay, D., *Taxonomy of educational objectives*, New York, 1956

Sauvé, L., *les jeux éducatifs efficaces dans jeux et simulations éducatifs*, presse de l'université du Québec, pages 42 à 72, 2010

Senge, P., *La Cinquième discipline*, Éditions General First, 1991

Seve, L., *Emergence, complexité et dialectique*, Odile Jacob, p 69, 2005

Thom, R., *Stabilité structurelle et morphogénèse*, Paris InterEditions, 2^e édition, 1984.

Williams, T., F.Ackermann, C.Eden, *Structuring a delay and disruption claim: An application of cause-mapping and system dynamics*. *European Journal of Operational Research* 148 (2003) 192–204, 2003