

Résumé

La modélisation est une posture de recherche délicate dont les auteurs proposent de donner des fondements épistémologiques clairs, pour qu'elle puisse être conçue, mise en oeuvre et transmise de façon pertinente et utile, notamment en recherche-action. Cet article tente de clarifier les conditions à réunir, les questions auxquelles il faut répondre et les étapes de la démarche de modélisation d'un système complexe, qu'elle soit réalisée seul ou en équipe. Il conclut sur les liens récursifs qui unissent le modélisateur, la modélisation et le modèle, en insistant sur le fait que l'acte de modélisation et son influence sur le modélisateur est aussi important que son résultat le modèle.

Mots clés: modélisateur, modélisation, modèle, système complexe, épistémologie

Abstract

Modelling is a precise research approach which needs to be firmly and epistemologically founded, in order to clarify how it must be conceived, used and transferred when applied to action-research. This paper's aim is to specify the conditions to meet, the questions to be answered and the different steps of the modeling process of a complex system, whether research is carried out by an individual or a team.

The paper highlights the recursive links between the researcher, the modelling process and the model. It also underlines that the modelling process itself and its influence on the researcher's cognition are as important as the final result itself, namely the model.

Gilles le Cardinal est professeur SIC à l'Université de Technologie de Compiègne (UTC) où il enseigne en fin d'études d'ingénieur "La communication interpersonnelle et la coopération durable" et en Master "la modélisation des systèmes complexes".

Jean-François Guyonnet est professeur de Sécurité des Systèmes à l'Université de Technologie de Compiègne, est l'auteur du récent ouvrage "Risques et Sécurité", paru chez Ellipses .

Leur recherche commune, fondée sur une attitude de modélisation et de recherche-intervention, porte actuellement sur l'amélioration de la sécurité dans les sites à risques majeurs en Picardie, pour lesquels ils élaborent une méthodologie spécifique de recueil et de traitement de données issues des opérateurs, la méthode PAT-QSE (Peurs, Attraits et Tentations en Qualité, Sécurité et Environnement).

Le modélisateur, la modélisation, le modèle
dans la recherche-action en Sciences Humaines

Gilles le Cardinal, Jean-François Guyonnet

COSTECH-CRI-UTC

Tout le monde, comme Monsieur Jourdain, faisant de la prose, construit et utilise des représentations du monde sans le savoir. En effet, tout vie suppose des couplages avec l'environnement. C'est pourquoi nous avons besoin de construire des représentations partielles de cet environnement, comme de nous-mêmes, pour pouvoir nous comporter de façon adaptée à notre milieu et mieux nous connaître; c'est, par exemple, pour anticiper les résultats de nos actions, concevoir des stratégies à long terme, définir des tactiques pour le présent et tirer partie de notre expérience pour progresser. Les cartes routières et maritimes, les organigrammes, les procédures, les recettes, les normes, les descriptions langagières, les photos, les dessins, les tableaux, les sculptures, les maquettes sont des représentations fragmentaires et particulières d'une partie du réel qui constituent des aides utiles à notre vie quotidienne et notre activité professionnelle.

Tout autre est l'attitude du chercheur qui s'engage dans une démarche scientifique de modélisation d'un système complexe en se fondant sur une épistémologie claire, avec des objectifs précis, dans le cadre d'un projet de recherche fondée sur un terrain délimité, avec des procédures d'élaboration et d'évaluation bien définies.

L'acte de modélisation touche à notre rapport à la connaissance, en particulier, à la connaissance particulière qu'est la prise de conscience de notre ignorance. Nous tenterons d'abord de préciser la posture du modélisateur et la place de la modélisation dans la panoplie des méthodes de recherche ; puis nous positionnerons la modélisation au sein du triptyque *simulation-modélisation-commande*. Nous détaillons ensuite l'acte de modélisation, seul ou en équipe, en donnant un modèle de l'acte de modélisation, lui-même par le biais d'une description générale des systèmes complexes. Enfin, nous donnerons

les critères de qualité d'un modèle et ses limites. Cette réflexion voudrait contribuer à une épistémologie de la modélisation des systèmes complexes.

La modélisation, une méthode parmi d'autres utile en recherche-action

Tout commence par l'identification d'un objet de recherche dans le cadre d'un projet, lui-même partie du programme qui s'inscrit dans un paradigme. Précisons donc que cette réflexion s'inscrit clairement dans le paradigme constructiviste. L'objet ne doit pas être trivial, car il n'est de science que révélation de ce qui est caché. Cet objet doit faire l'objet de questions qui se posent, que ce soit au chercheur, à l'utilisateur, au manager, au concepteur, à l'observateur, au constructeur, au vendeur ou au mainteneur... Ces questions, du simple domaine de la conversation, animées par la curiosité, doivent être travaillées pour devenir, dans le domaine de la recherche, une problématique, c'est à dire un ensemble structuré de questions qui s'enchaînent et se relient pour donner lieu à une recherche conduisant à des réponses non triviales. Ces questions constituent un objet de recherche posant un problème cohérent et bien formulé, à résoudre.

Comme l'objet de l'étude fait partie du monde vécu, nous ne sommes pas sans information, sans connaissances, sans hypothèses pour décrire l'objet le plus précisément possible, pour sélectionner des lois bio-physico-chimiques auxquelles il est soumis, pour mettre en œuvre des règles, des routines, des procédures qui permettent aux acteurs d'agir sur l'objet dans son environnement. Tout ce que nous savons sur lui ne constitue que des fragments de représentations que nous possédons sur les différentes dimensions de l'objet. Ces informations partielles connues sont-elles suffisantes pour répondre aux questions que nous avons réunies en une problématique ? Si la réponse est oui, le problème est résolu. Si bien que, ne possédant pas nous-mêmes les informations suffisantes, une enquête, une recherche d'information ou la requête faite à un expert du domaine permet d'obtenir les solutions au problème posé ; nous ne sommes donc pas en présence d'un véritable objet de recherche, mais dans une démarche d'apprentissage d'un objet déjà connu par d'autres.

Par exemple, si on se pose des questions sur certaines caractéristiques d'un territoire qu'on ne connaît pas ou imparfaitement, la première démarche est de rechercher les informations, les cartographies, les bases de données adaptées possédant les caractéristiques recherchées. Si aucune carte, ni aucune information disponible ne peut nous renseigner, on va devoir rechercher les méthodes à mettre en place

pour recueillir les données qui manquent pour construire les cartes qui seront informées par ces données pour comprendre les liens entre les informations, les différents lieux et les processus à l'œuvre dans ce territoire. Il peut arriver qu'on trouve des représentations partielles pertinentes, mais déconnectées les une des autres, laissant, tel un puzzle incomplet, des espaces blancs entre les parties connues. Il est possible aussi que des théories, sous réserve que leurs postulats soient vérifiés dans le cas étudié, puissent me permettre, en appliquant les lois correspondantes, de comprendre certains liens cachés à la simple observation. En général, malheureusement, une théorie ne rend compte que de l'une des dimensions de l'objet d'étude, qu'il s'agisse de l'aspect économique, physique, géographique, historique, sociologique... Le premier mouvement de la recherche consiste donc à recueillir les données pertinentes, à convoquer les théories applicables si elles existent, à rassembler les fragments de représentations disponibles pour progresser vers l'objectif recherché.

Le plus souvent, le problème posé, après avoir été éclairé par cette première démarche bibliographique et scientifique, ne peut être résolu de manière satisfaisante, car l'information est incomplète, les théories ne s'y appliquent que partiellement, parce que plusieurs disciplines doivent être convoquées et que les liens entre elles font défaut. L'objet de recherche est complexe, ce qui le distingue d'un objet compliqué, qu'un expert tout seul parviendra à comprendre et résoudre, en s'appuyant sur des connaissances rares mais existantes et en faisant appel à son expérience ou en appliquant des méthodes éprouvées. Un expert n'est pas toujours un chercheur, mais il peut l'être. Un chercheur n'est pas toujours un expert, mais il est souhaitable qu'il le soit ou le devienne.

L'objet complexe en question et la problématique que nous avons construite dans le cadre d'un projet est bien alors un objet de recherche pour lequel une méthode doit être définie, choisie parmi les méthodes existantes ou inventées pour l'occasion. La méthode peut elle-même être un deuxième objet de recherche, en espérant qu'elle conduira aux solutions du problème posé.

Parmi les méthodes classiques de la recherche, on citera :

- la méthode hypothético-déductive, chère à Carl Popper, qui consiste à faire une hypothèse, à dérouler, à partir des axiomes de base et des lois et règles connues, ses conséquences par une logique inférentielle, jusqu'à, soit apporter la preuve de l'hypothèse, soit rejoindre les faits observés, ce qui, dans le cadre de la théorie convoquée, permettra de valider ou

d'invalider l'hypothèse. H. Simon lui répliquera que la science la plus noble consiste à formuler les bonnes hypothèses par induction, abduction ou analogie, ce qui implique le risque de se tromper. Ce à quoi Popper répondra par le fait que ces hypothèses hasardeuses ou géniales sont alors à vérifier par la méthode hypothético-déductive... Formulation d'hypothèses et vérification ou falsification sont donc deux opérations fondamentales de la recherche à réaliser en boucle.

- la méthode expérimentale consiste, elle, à construire un contexte susceptible de poser la question dont on souhaite obtenir la réponse, à l'objet lui-même, en mettant en place les conditions du questionnement et de recueil de l'information, délivré par l'objet sous un stimuli précis qu'on a décidé de lui appliquer. On utilisera pour ce recueil un appareil de mesure ou une observation directe ou indirecte. L'expérimentateur interprétera en termes intelligibles les réponses de l'objet à l'aide des traces ainsi obtenues, dans le cadre d'une théorie, elle-même insérée dans un paradigme, souvent ignoré, qui gagne toujours à être explicité. On remarquera ici que les processus sont bouclés, car, le plus souvent, la théorie elle-même sert à imaginer les conditions expérimentales qui favoriseront la vérification de la théorie en même temps que l'émergence de la réponse à la question posée. Ceci fera dire à Jean-Louis Le Moigne que les données expérimentales ne sont pas des données, ce sont « des construits », dans le cadre d'une théorie qui va se voir ainsi auto-confirmée. D'ailleurs, les faits dont elle ne sera pas capable de rendre compte seront souvent rejetés, comme non pertinents, enfermant la théorie dans une auto-validation qui peut devenir sclérosante. En fait, on a construit des conditions expérimentales restrictives qui permettent aux faits de s'expliquer et de se décrire dans le cadre de la théorie.

Mais qu'en est-il de l'objet complexe dans un environnement naturel soumis à de multiples stimuli et aléas que l'on ne maîtrise pas ?

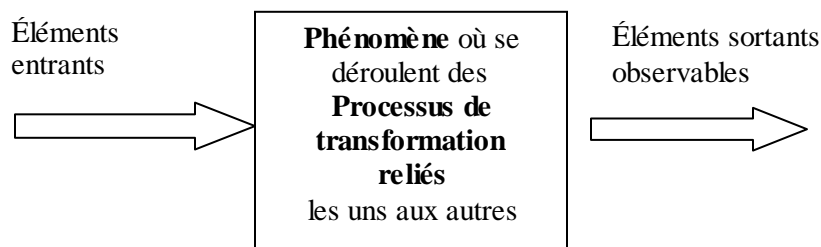
- la modélisation se présente alors comme une autre méthode pour approcher un phénomène dans son contexte et entrer progressivement dans son intelligence, c'est à dire identifier ses parties, décrire les interactions entre ses parties et avec l'environnement, dans le cadre d'une structure qui s'incarne en organisation, réalisant certaines fonctions au

travers de différents processus pour atteindre certains objectifs. La modélisation a le double but de comprendre et d'agir. Comprendre pour agir, agir pour mieux comprendre.

Modélisation –Simulation-Commande

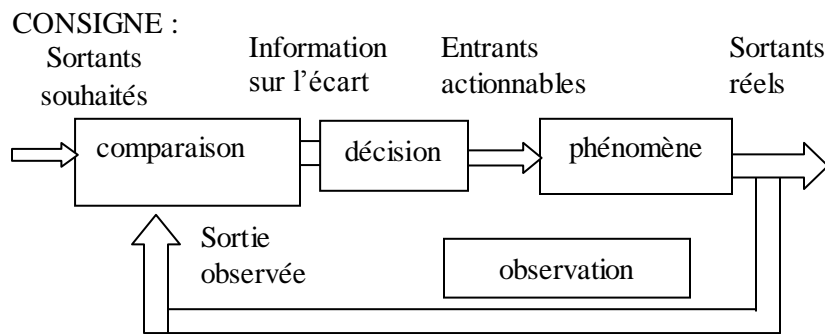
Un phénomène présente toujours des éléments entrants sur lesquels on peut agir pour l'influencer et des éléments sortants que l'on peut plus ou moins facilement observer. Il met en œuvre des processus réalisant une transformation bio-physico-chimique et/ou une transformation de forme, de place, de signification, de valeur.

Du schéma simpliste suivant :



nous pouvons cependant déduire les trois attitudes fondamentales qui s'offrent à nous, si, connaissant deux des trois éléments, nous cherchons le troisième :

- Si les « entrants » et le phénomène sont connus : on recherche les sortants et c'est un problème de **simulation** ; remarquons l'ambiguïté de ce mot qui possède le sens de « montrer, révéler, reproduire » (simuler le comportement d'un hélicoptère, par exemple) et le sens de « cacher, dissimuler » la vérité (simuler la maladie).
- Si les entrants et les sortants sont connus : on recherche à décrire les processus constituant le phénomène : c'est un problème de **modélisation**, recherche de liens cachés entre l'actionnable et l'observable
- Si les sortants et le phénomène sont connus : on recherche les entrants : c'est le problème de la **commande** pour conduire le phénomène connu et atteindre les sortants souhaités, suivant le schéma suivant comportant une boucle de rétroaction.



Simulation, Modélisation et Commande sont donc trois activités essentielles par rapport à un phénomène qui permettent de mieux le connaître et de mieux s'entraîner à le piloter. Curieusement, elles ne sont pas de même niveau de difficulté. La simulation est l'activité la plus simple à réaliser, mais elle suppose la parfaite connaissance du processus, ce qui est rarement le cas dans les Sciences Humaines, mais arrive fréquemment en Sciences Physiques. Elle ouvre techniquement sur la réalité virtuelle et permet les apprentissages (conduite sur simulateur d'une automobile, d'un avion, d'un réacteur nucléaire...). La modélisation et la commande sont de niveau de difficulté plus élevé. Si le phénomène est linéaire – ce qui n'est, en général, jamais le cas, mais peut l'être dans un domaine particulier et restreint- les deux problèmes sont duaux. En termes mathématiques, cela signifie qu'il s'agit de résoudre une même structure d'équations pour découvrir le modèle, connaissant entrants et sortants que pour trouver la commande, connaissant le modèle et les sortants souhaités.

Ce résultat majeur de la conduite des procédés peut se transférer aux systèmes humains de la manière suivante :

- si on sait piloter un phénomène socio-technique, c'est qu'on possède, sous une forme ou une autre, une bonne représentation des processus à l'œuvre et de leur interactions
- si on possède un bon modèle d'un phénomène socio-technique, on pourra facilement apprendre à le piloter, c'est à dire agir sur les entrants actionnables, pour obtenir un résultat souhaité.

Nous voyons apparaître deux façons possibles de représenter un phénomène :

- en décrivant les règles de sa conduite (description exploitée par les mathématiques du flou)
- en élaborant le modèle des processus qui le composent.

Il en résulte qu'on ne peut correctement piloter un phénomène que si on en a construit une bonne représentation, que ce soit sous forme de règles, de repères, d'indices ou sous forme d'une modélisation adaptée au but recherché. De même, si on possède une bonne représentation – explicite ou implicite- d'un phénomène, il sera facile de déterminer, après quelques essais et erreurs, la bonne façon de le piloter.

Appliqué à la conduite automobile, cela signifie qu'un pilote de rallye qui, grâce à ses connaissances et expériences, sait anticiper parfaitement le comportement de son automobile et est capable de la conduire de façon performante. L'ingénieur, qui connaît parfaitement la mécanique de la voiture, sous forme de modèle mathématique, peut donner d'utiles conseils de conduite au pilote professionnel et est capable, en coopérant avec ce dernier, de proposer le meilleur réglage de tous les paramètres de course.

Ces idées, qui proviennent de l'équipe de Jacques Richalet¹, peuvent s'appliquer aussi, mais avec prudence, aux domaines socio-technique, psychologique ou communicationnel, en suivant la démarche proposée par Jean-Louis le Moigne².

L'Acte de Modélisation et la posture du modélisateur

Disons le, en Sciences Humaines, l'acte de modélisation est plus important que son résultat. En effet, le modèle est toujours imparfait, incomplet, insuffisant. Son domaine d'application reste toujours à circonscrire, ses paramètres sont souvent multiples, imprécis, mal connus ; sa capacité à rendre compte du réel toujours limitée à des conditions précises dans un environnement donné difficile à spécifier avec exhaustivité. Un modèle est donc toujours une réduction plus ou moins légitime de la complexité du réel. Ce qui est important est donc de préciser les conditions susceptibles de le rendre légitime et utile.

Une épistémologie de la modélisation est donc indispensable, les règles que doit se donner un chercheur doivent être codifiées pour que le modèle présente une valeur qui dépasse la simple représentation

¹ Richalet Jacques, *Identification des processus par la méthode du mode*, Gordon Breach, 1983

² Le Moigne Jean-Louis, *Théorie du modèle général*, Puf 1977

subjective d'un phénomène singulier. Or, trop souvent, les articles oublient de décrire les modalités de l'acte de modélisation, ses conditions de possibilité et de validation, son domaine d'application, le contexte précis où il peut être utilisé, pour ne s'en tenir qu'à la description du modèle, ce qui le rend inutilisable par d'autres que son concepteur et donc, sans intérêt scientifique. En effet, il convient non seulement de décrire le système étudié, mais aussi le nouveau système que constituent le système étudié et le chercheur qui l'observe et interagit avec lui.

L'acte de modélisation s'inscrit dans un projet de connaissance ou de réduction de l'ignorance, ou, plutôt, il trouve sa place à la limite de nos connaissances et de nos ignorances. D'un côté, si on est en situation de connaissances théoriques parfaites, le modèle qui décrit le phénomène s'appellera « Modèle de la connaissance ». Il relie des connaissances certaines et éprouvées entre elles, sans faille et donne une description scientifiquement valide du phénomène étudié. C'est alors une théorie appliquée à un phénomène qui en relève. Cette situation est improbable, lorsqu'on travaille en Sciences Humaines sur un terrain réel. Mais on peut la créer arbitrairement en laboratoire, lorsqu'on maîtrise parfaitement le contexte et que le phénomène est simple. Dès que l'humain est en jeu, sa capacité de réflexion et d'apprentissage font qu'on ne refait jamais deux fois, avec lui présent, la même expérience. Ainsi, les modèles socio-techniques, à la différence de certains systèmes techniques, peuvent rarement être des modèles de connaissance pure.

D'un autre côté, si on est en situation d'ignorance absolue sur les transformations internes produites par le phénomène à partir des entrants, on ne peut construire qu'une modélisation dite « modèle de comportement » ou « boîte noire ». On va construire un modèle, sans volonté de reproduire ni la structure, ni l'organisation, ni les processus réellement à l'œuvre, mais d'en imaginer qui conduisent aux mêmes comportements des sortants simulés que ceux observés dans des conditions particulières. L'objet d'un modèle de comportement est seulement de prévoir la nature des sortants et leur dynamique, à partir de la connaissance des entrants, dans un contexte plus particulier. Ce type de modèle a pour objectif de « se comporter globalement comme » s'il « mimait » superficiellement le phénomène, sans avoir rien de commun avec lui dans sa structure, les processus à l'œuvre et leur organisation. Il ne vaut que dans les conditions exactes de sa construction, pour un contexte donné et si le moindre paramètre change dans le phénomène ou dans son environnement, les sortants observés du phénomène et les sortants simulés du modèle peuvent

diverger complètement. Un tel modèle ne vaut que hic et nunc, sans aucune autre valeur dans d'autres conditions que celles de son élaboration.

Un modèle n'est, en général, ni un modèle purement de connaissances, ni un simple modèle de comportement. En effet, le modélisateur tente toujours d'y rassembler toutes les connaissances qu'il possède sur la structure, les processus et leurs interactions, mais, en général, ces connaissances sont malheureusement incomplètes. Elles présentent des trous qu'il tente de combler par les hypothèses les plus réalistes possible. On va raisonner par analogie avec d'autres phénomènes mieux connus, par extrapolation des lois, hors de leur domaine initial de validité ou par un raisonnement heuristique choisissant par abduction une hypothèse parmi toutes celles qui semblent possibles. En tous cas, pour être rigoureuse, la démarche nécessite d'explicitement ces hypothèses. La ressemblance du comportement du modèle avec le réel n'est pas une preuve suffisante de la justesse de l'hypothèse, mais elle s'en rapprochera, si en faisant varier entrants et contexte, la ressemblance des sortants réels et simulés demeure.

Mais l'idéal de l'acte de modélisation n'est pas d'atteindre un modèle de connaissances mais de constituer un pas de plus vers la compréhension en profondeur du phénomène, permettant de réaliser de façon toujours plus satisfaisante le projet du modélisateur, c'est à dire rentrer plus avant dans l'intelligence de sa complexité, dira J-L le Moigne³ et ainsi d'apprendre à mieux piloter le phénomène.

Le modélisateur est lui-même dans une démarche qui vise un but. Son acte de modélisation s'inscrit dans le cadre d'un projet de recherche et de réponses à des questions précises et les objectifs visés par le modélisateur doivent impérativement être décrits précisément pour que la modélisation ait un sens et soit exploitable par d'autres que le modélisateur lui-même, qui serait dans la même posture que lui.

Le terrain d'observation, le contexte, la nature des entrants et le régime de fonctionnement du phénomène qui peut être permanent ou transitoire, les changements de consigne, les aléas, la durée des observations, la modalité de recueil des informations : tout cela doit être décrit avec précision.

Une information essentielle consiste à distinguer les terrains qui ont servi à l'élaboration du modèle et les terrains qui ont servi à la

³ Le Moigne Jean-Louis, *La modélisation des systèmes complexes*, Dunod 1990

vérification du modèle. Trop souvent, les chercheurs élaborent un modèle à partir d'un terrain dont ils rendent compte avec précision sans tester la robustesse du modèle aux variations de contexte ou les conditions d'application à un autre terrain.

On conçoit qu'il existe différents types de modèles. En voici la version la plus simple : observer un phénomène en essayant de le perturber le moins possible, pour en donner une description langagière la plus précise possible, après observations et questionnements, de manière à dégager les liens statiques existants entre quelques paramètres jugés importants du phénomène. La version la plus sophistiquée est un modèle qui permet de construire en réalité virtuelle le phénomène modélisé où l'on peut expérimenter toutes les stratégies dynamiques de conduite possibles.

Les trois phases de la modélisation

On peut distinguer trois temps dans l'acte de modélisation⁴ :

- 1- la caractérisation du modèle où l'on doit chercher les processus à l'œuvre, leur architecture, leurs interactions et les paramètres qui le caractérisent et permettent de le spécifier avec précision.
- 2- l'identification du modèle où l'on précise la valeur des paramètres qui permettent au modèle de rendre compte le plus fidèlement possible du comportement du phénomène dans un contexte donné. Cette phase doit permettre de faire varier le contexte, la nature de la dynamique des entrants et d'évaluer la sensibilité correspondante des paramètres. Une actualisation particulière au phénomène pourra alors, dans le cadre d'un modèle donné, être spécifiée par son lot de paramètres. La règle est d'essayer de réduire au minimum le nombre de paramètres et de leur trouver un sens précis, sous peine de voir le modèle perdre tout son intérêt.
- 3- La réification du modèle où l'on essaie d'évaluer jusqu'où le modèle correspond à la « chose », c'est à dire au phénomène étudié. Dans cette phase de discussion et d'évaluation, on va pouvoir préciser le domaine de validité de l'utilisation du modèle, décrire les différents terrains où il a été utilisé, étudier et discuter avec un esprit critique les résultats obtenus. La qualité d'un modèle est liée à la variété des entrants et des stimuli dont il est capable de rendre compte, ainsi qu'à celle des contextes où il s'applique.

⁴ Richalet Jacques, op.cit.

Les trois phases sont à réaliser en boucle, jusqu'à ce que le modèle s'avère être capable de rendre compte du phénomène à l'œuvre dans des situations variées.

Notamment, en plus du fonctionnement standard du phénomène, il est très utile et éclairant de le faire fonctionner dans les situations suivantes pour observer s'il se montre capable de rendre compte :

- de la genèse du phénomène, par la description de sa naissance, de sa croissance, de sa mise en place avant son fonctionnement en régime permanent. Le modèle nous dit-il quelque chose sur le phénomène en cours d'apparition ?
- du phénomène dans ses dysfonctionnements, les différents types de défauts, de défaillances, voire même d'accidents ou de catastrophes dont il peut être l'objet. Que dit alors le modèle ? Permet-il de prévoir, de rendre compte et de faire face aux incidents observés ?
- du phénomène dans son excellence, lorsqu'il est entre les mains d'experts qui savent en tirer le meilleur dans des situations extrêmes. Le modèle peut-il alors rendre compte de ce qu'on observe ?
- du phénomène dans son extinction, dans sa phase finale, avant sa disparition. Le modèle est-il capable de rendre compte de la façon dont le phénomène vieillit, s'arrête et dont les processus abordent cette phase finale ?

Ainsi, devons-nous nous poser les questions suivantes quand nous créons un modèle et y répondre quand nous le publions :

- quels étaient le projet, le but, les objectifs, les présupposés, le paradigme à l'intérieur duquel est construit le modèle ?
- sur quelles connaissances théoriques s'appuie ce modèle ?
- comment ont été recueillies les données et quelles sont leurs natures ?
- quels sont les terrains qui ont permis de construire le modèle et ceux utilisés pour le vérifier ?
- le modèle est-il capable de rendre compte de la genèse du phénomène, de l'art des experts, des défaillances constatées et de la fin de son existence ?

L'intérêt de la modélisation :

L'acte de modélisation et son résultat, le modèle, présentent de nombreux avantages :

- Cela permet à un moment donné de la recherche de faire la synthèse de ses connaissances et de ses ignorances, pour rendre compte d'un phénomène complexe et de juger si l'on s'est rapproché de son but et de ses objectifs, ce qu'on peut vérifier par les applications qui en sont faites.
- Cela permet de transmettre aux autres cette synthèse provisoire des connaissances et de la soumettre à la critique que ne manquent pas de faire tous ceux qui ont des connaissances approfondies mais éparses sur le phénomène, des théories partielles et parfois partiales, des observations et des données qui ne sont pas reliées les unes aux autres. Un vrai modélisateur n'est jamais plus satisfait que quand il découvre une faiblesse de son modèle ou un manque radical ; il peut alors remettre son ouvrage sur le métier pour le complexifier là où il avait sans doute simplifié à l'excès ou de façon illégitime. Un modèle est, par définition, provisoire, il doit être jetable ou améliorable, permettant ainsi au modélisateur de progresser dans sa connaissance.
- Cela facilite l'enseignement et la transmission des acquis de l'expérience. Un bon modèle, s'il ne remplace pas mille récits, permet de tirer la substance moelle de nos connaissances et expériences et cela de façon synthétique. Il peut aussi servir de générateur de récits de réussite ou d'échec dont on comprendra alors les mécanismes cachés.
- C'est une posture de recherche créative qui ne se contente pas de décrire une situation de l'extérieur mais qui construit un outil qui va permettre de reproduire le comportement passé, d'anticiper le comportement futur et de comparer plusieurs façons de conduire un changement. Chaque application du modèle devrait d'ailleurs contribuer à le complexifier et à le rendre plus robuste, à mieux cerner son domaine de pertinence et d'application. C'est donc un outil essentiel de la recherche-action, capitalisant connaissance et expérience pour une description toujours plus fine du réel, dans le cadre du projet de modélisation, sans jamais évidemment prétendre à une description exhaustive du réel en

soi, par ailleurs inatteignable, par définition même des systèmes complexes.

Le modèle général des systèmes socio-techniques complexes

La Modélisation des systèmes complexes propose un cadre général à l'activité modélisatrice en Sciences Humaines. Un modèle pour concevoir des modèles en quelque sorte. Un système peut en effet être décrit, selon Jean-Louis le Moigne⁵ par cinq caractéristiques : sa structure, son activité, son évolution, ses finalités et son environnement.

Concrètement, nous proposons de mettre en œuvre ces cinq caractéristiques en distinguant et en décrivant les parties du système et leurs interactions, le ou les projets qu'elles réalisent dynamiquement dans un environnement donné.

- Les parties concernent les participants directs et indirects, les machines, les procédés et les processus, les managers les concepteurs, les opérateurs, les services de maintenance, les gestionnaires des moyens et des finances, les clients et usagers...
- Les interactions peuvent être classées en quatre processus :
 - o le transfert d'information
 - o le pilotage de l'action
 - o la création de relations interpersonnelles
 - o la construction et la découverte de l'identité des personnes
- Les projets peuvent être décrits par le but et les multiples objectifs et sous-objectifs de tous les participants, les contraintes internes et externes qui s'imposent à eux, les critères de qualité permettant d'évaluer les résultats obtenus.

Enfin, un système complexe se caractérise par la présence de quatre propriétés proposés par Edgar Morin⁶ que l'on doit donc retrouver dans son modèle :

- la possibilité d'émergence de processus imprévus et non contenus dans les parties : *propriété d'émergence*
- la présence de plusieurs logiques ago-antagonistes traversant le système et ses acteurs, source potentielle de conflits : *propriété de dialogique*

⁵ Le Moigne Jean-Louis, op.cit

⁶ Morin Edgar, *La méthode*, Tomes 1 à 6, Seuil

- la récursivité existant entre les parties et les processus, où chaque élément est à la fois producteur, modificateur des autres et produit, modifié par eux : *propriété de récursivité*

- la représentation du tout présente dans les parties car chaque participant se représente le système entier et des parties dans le tout (le système a une représentation des parties qui le constituent) : *propriété hologrammatique*.

Ainsi, nous possédons un guide général de la modélisation d'un système complexe qui nous aide à la réalisation et à la vérification de la qualité du travail réalisé.

Limites et choix des modèles

Nous savons que « la carte n'est pas le territoire ». Aucun modèle de la communication, par exemple, ne peut rendre compte de la complexité des phénomènes à l'œuvre, dans la rencontre de deux personnes uniques. Cependant, la description des processus invariants et des interactions, rétroactions et récursivité à l'œuvre présente un intérêt majeur pour le progrès des Sciences de l'Information et de la Communication. Suivant le contexte, les questions, et le projet du modélisateur, il lui faudra choisir parmi la batterie de modèles disponibles ou en choisir un nouveau.

En Communication, si le problème a une dimension linguistique et sémantique importante, peut-être pourra-t-on utiliser le modèle de R. Jakobson⁷ ; par contre, s'il s'agit d'un problème de pathologie relationnelle, celui de P. Watzlawick⁸ sera plus approprié. Si les dimensions éthiques et philosophiques prédominent, le modèle de J. Habermas⁹ sera préférable. Les travaux de E. Goffman¹⁰ seront précieux quand on travaille sur les interactions. Le modèle « papillon¹¹ », que nous avons élaboré, est utile en conduite de changement et en résolution de conflits. Celui que propose M. Rosenberg¹² permet de réaliser d'excellentes médiations. Le modèle de l'analyse transactionnelle développée par E. Berne¹³ donne des

⁷ Jakobson Ronan, *Essais de linguistique générale*, les Editions de minuit , 1963

⁸ Watzlawick Paul, *Une logique de la communication*, Poche

⁹ Habermas Junger, *Théorie de l'agir communicationnel* , Fayard 1987

¹⁰ Goffman Erwin, *Les rites d'interaction*, les Editions de minuit, 1974

¹¹ Le Cardinal Gilles et Guyonnet Jean-François, *Tissage de trois modélisations de l'interaction, de la communication interpersonnelle et de la cognition humaine* , in « La communication organisationnelle en débat », sous la direction d'Arlette Bouzon, l'Harmattan, 2006

¹² Rosenberg Marshall, *Les mots sont des fenêtres*, la Découverte, 2005

¹³ Berne Eric, *Analyse transactionnelle et psychothérapie*, Payot 1971

résultats intéressants pour faire un travail sur soi et comprendre nos modes de fonctionnement relationnel. La Programmation Neuro-Linguistique, introduite par R. Bandler et J. Grinder¹⁴ peut être utile lorsque nous devons traiter en thérapie un problème phobique. La théorie de l'engagement de Joule et Bauvois¹⁵, est utile pour se représenter la façon de motiver le personnel d'une entreprise...

Le livre précieux de Gilles Willet, « *La communication modélisée* ¹⁶ » dresse l'inventaire des modèles existants, nous donne des indications sur les auteurs et leurs objectifs et en fait une analyse critique. Nous pouvons ainsi choisir, compte-tenu de nos connaissances, de notre contexte et de notre projet, lequel conviendra le mieux ou quelle partie peut être réutilisée dans un modèle que nous aurons à construire sur mesure.

Savoir citer ses sources et justifier le nouvel emploi d'un modèle dans un autre contexte que celui de sa conception devrait toujours faire l'objet de précautions de la part du chercheur.

S'il faut systématiquement se méfier d'un modèle qui prétendrait savoir tout faire, il est bon aussi de prendre des précautions avec les modèles à usage unique qui peuvent décrédibiliser la démarche même de la modélisation, sauf si l'auteur assume, explique et déclare cet usage singulier du modèle qui peut avoir sa justification.

Mais l'apparition d'invariants identiques dans plusieurs modèles et plusieurs applications réussies d'un même modèle dans des projets très différents tendent au contraire à donner de l'intérêt à certains modèles ou parties du modèle, comme, par exemple, le modèle des cyndiniques¹⁷ de Georges Kerven, dans le domaine de l'analyse des risques.

Modèle individuel ou modèle collectif

Si, comme nous le pensons, les acteurs se comportent de la façon la plus satisfaisante, à leurs yeux, compte-tenu de leurs représentations du monde, (explicite ou implicite), on conçoit l'intérêt, pour les acteurs d'un même projet, d'en posséder une représentation commune.

¹⁴ Bandler Richard et Grinder John, *Les secrets de la communication*, le Jour éditeur 1982

¹⁵ Joule R-V et Beauvois J-L, *La soumission librement consentie*, PUF 1948

¹⁶ Willet Gilles, *La communication modélisée*, Editions du Renouveau Pédagogique, 1992

¹⁷ Kerven Georges, *A l'archipel du danger*, Economica 1991

Or, compte-tenu des différences de cultures, de métiers, de disciplines, de contextes et d'affectivités, il n'y a aucune chance que les acteurs construisent naturellement une représentation identique du projet dans lequel ils sont engagés. Leur stratégie, leur logique, leurs objectifs ne seront donc pas les mêmes, d'où l'apparition de difficultés, d'incompréhensions et de conflits, incarnation sous forme de dilemme des dialogiques à l'œuvre.

Une solution consiste à disposer d'une méthode qui permette de construire ensemble un modèle du système en faisant participer tous les acteurs à une démarche structurée et logique où chacun peut apporter son point de vue, sa logique, ses ressentis, ses compétences, son expérience comme des pièces d'un puzzle que chacun met sur la table et que l'équipe va assembler de façon cohérente et consensuelle. Il ne s'agit plus alors de proposer à une équipe la représentation d'un seul, imposée d'en haut, mais une méthode de modélisation collective qui présente le gros avantage d'une part, de complexifier les représentations individuelles, à l'écoute de celles des autres et d'autre part, d'aboutir à une représentation commune.

A partir de cette représentation construite en équipe, il est alors possible d'élaborer des stratégies cohérentes et naturellement coopératives, puisque issues du même modèle. C'est la démarche que nous proposons à travers la méthode PAT-Miroir¹⁸ qui est un générateur participatif de représentation commune du projet et débouche sur un tableau de bord, une double vision du projet dans ses versions réussie et échouée et une éthique de la coopération, facilitant la réussite. Ici encore, l'acte collectif de construction du modèle qui construit le groupe est aussi important que son résultat, le modèle et le programme d'action qui en découle.

Conclusion

Quelle que soit la conception de la cognition humaine individuelle et collective à laquelle nous nous rattachons (modèle computationnel, couplage structurel avec l'environnement, énonction, cognition située) et au-delà de la question (très discutée) de l'usage ou non de représentations pendant l'action, nul ne peut nier qu'avant l'action, nous cherchons les représentations les plus pertinentes pour mieux prévoir les actions à venir (plan avant de construire une maison, planning prévisionnel de nos actions, anticipation des dynamiques temporelles) et, qu'après l'action, nous cherchions à capitaliser notre

¹⁸ Le Cardinal Gilles, Guyonnet Jean-François, Pouzoulic Bruno, *La dynamique de la confiance*, Dunod, 1992

expérience en améliorant les représentations que nous avons auparavant en tenant compte des écarts constatés entre prévisions et réalisations.

Choisir une posture de modélisateur consiste à prendre au sérieux les représentations partielles que nous construisons naturellement et à chercher à les réunir en une représentation globale la plus pertinente possible du système à l'intérieur duquel nous sommes insérés, de manière à relier ensemble toutes les connaissances et hypothèses qui sont les nôtres. On pourra alors s'appuyer sur ce modèle pour élaborer stratégies et tactiques, afin d'atteindre l'objectif recherché et annoncé. Il s'agit donc de construire de façon explicite la carte la plus complète possible du territoire à explorer et des processus à l'œuvre, en signalant clairement les parties fiables de la carte et celle qui sont plus douteuses, les hypothèses étant toutes explicitées.

Cet effort de construction d'une représentation unique, appropriée à un objectif, présente bien des intérêts, car il permet de clarifier, de communiquer, de discuter, d'anticiper les événements, d'évaluer différentes stratégies par simulations, afin de faire un choix satisfaisant (au sens d'Herbert Simon¹⁹), sur un ensemble de critères d'évaluation clairement mis à jour.

Si le modèle est partagé par toute une équipe, ne serait-ce qu'au départ de l'action, il constitue un atout essentiel pour former une équipe performante, au sens de Katzenbach et Smith²⁰ et souder une communauté de pratique telle que l'envisage E. Wenger²¹.

De même, se retrouver à la fin du projet pour capitaliser ensemble l'expérience et apporter au modèle initial toutes les modifications, les ajouts, précisions que nous ont appris nos actions est non seulement une source de progrès de nos connaissances sur les processus rencontrés, mais aussi une source de confiance au sein de l'équipe.

Ainsi se constitue une suite d'opérations :

Modélisation-Action-(re)Modélisation-Action. Sans oublier la veille documentaire qui permet d'incorporer au modèle les connaissances utiles nouvelles produites par la communauté scientifique. Voilà une forme précise de recherche-action ou d'action-recherche, on ne sait

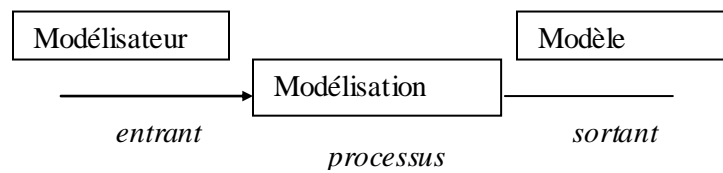
¹⁹ Simon H., Sciences des Systèmes, *Sciences de l'artificiel*, Dunod, Paris, 1990,

²⁰ Katzenbach et Smith, *The windows of teams: creating the high performance Organisation*, Harper Business Essentials, New York, 2003

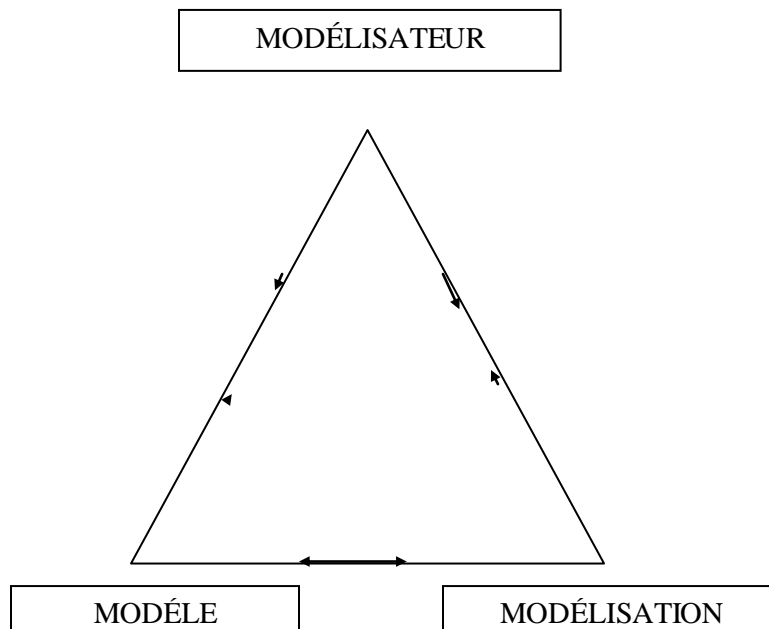
²¹ Wenger Etienne, *Communities of practice: learning, meaning, and identity*, Cambridge University Press, New York, 1998.

plus comment dire ou peut-être : recherche-modélisation-action-recherche.

Notre article a tenté de montrer les liens qui existent entre Modélisateur, Modélisation et Modèle. Une première représentation de ces liens pourrait être la suivante :



Mais nous devons en fait la complexifier à cause de l'existence de rétroaction et de récursivité. En effet, l'acte de modélisation modifie la cognition du modélisateur et le modèle vient changer ses représentations, c'est donc un schéma en triangle qu'il faut mettre en place avec des relations réciproques entre les trois termes.



Distinguer représentations fragmentaires et individuelles et démarche structurée de modélisation individuelle ou collective est un progrès indispensable au chercheur qui entend non seulement comprendre un système complexe par sa modélisation, mais également intervenir dans son pilotage, grâce au modèle obtenu. Bien décrire la posture épistémologique du modélisateur et préciser la valeur du modèle par le domaine où son application est pertinente est une nécessité pour cette posture, que nous proposons d'appeler de « recherche-modélisation-intervention », soit reconnue, pratiquée et enseignée. Le modèle n'est pas une théorie, il peut le devenir si son application à de multiples terrains confirme petit à petit sa pertinence, mais ce passage à la limite du modèle à la théorie est-il possible et même seulement souhaitable en Sciences Humaines?

Bibliographie :

Kuhn T., « La structure des révolutions scientifiques », Flammarion, 1983

Latour B., « La science en action », la Découverte, Paris, 1989

Varela F., « Autonomie et connaissance », Seuil, Paris, 1980

Maturana H., Varela F., « The tree of knowledge », New Science Library, Boston, 1983

Richalet J., « Identification des processus par la méthode du mode », Gordon Breach, 1983

Le Moigne J-L., « Théorie du modèle général », Puf, 1977

Le Moigne J-L., « Modélisation des systèmes complexes », Dunod, 1990

Morin E., « La méthode », Tomes 1 à 6, , Seuil

Jacobson R., « Essais de linguistique générale », les Editions de minuit , 1963

Watzlawick P., « Une logique de la communication », Livre de Poche

Habermas J., « Théorie de l'agir communicationnel », Fayard, 1987

Goffman E., « Les rites d'interaction », les Editions de minuit, 1974

Le Cardinal G. et Guyonnet J-F., « Tissage de trois modélisations de l'interaction, de la communication interpersonnelle et de la cognition humaine », in *La communication organisationnelle en débat* , sous la direction d'Arlette Bouzon, l'Harmattan, 2006

- Rosenberg M.**, « Les mots sont des fenêtres », la Découverte, 2005
- Berne E.**, « Analyse transactionnelle et psychothérapie », Payot 1971
- Bandler R. et Grinder J.**, « Les secrets de la communication », le Jour éditeur, 1982
- Joule R-V et Beauvois J-L.**, « La soumission librement consentie », 1948, PUF
- Willet G.**, « La communication modélisée », Editions du Renouveau Pédagogique, 1992
- Kervern G.**, « A l'archipel du danger », 1991, Economica
- Le Cardinal G., Guyonnet J-F., Pouzoullic B.**, « La dynamique de la confiance », Dunod, 1992
- Simon H.**, « Sciences des Systèmes, Sciences de l'artificiel », Paris, 1990, Dunod
- Katzenbach et Smith**, "The windows of teams: creating the high performance Organisation", New York, 2003, Harper Business Essentials
- Wenger E.**, "Communities of practice: learning, meaning, and identity", 1998 New York, Cambridge University Press.