

# De la vie et de la mort des modèles

**Franck Taillandier<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>INRAE, Aix Marseille Univ. RECOVER, Aix-en-Provence, France.

**RESUME** La recherche en Génie Civil passe généralement par la notion de modèle. Le modèle est un objet transitoire qui s'inscrit dans un cycle de vie. Au travers de cet article, qui a vocation à nourrir des réflexions sur le travail de chercheur, nous discutons de ce cycle de vie. Nous revenons sur les phases de modélisation, d'utilisation et surtout de fin de vie des modèles. Pour ce dernier point, nous proposons une taxonomie originale propre à ouvrir des pistes de réflexions. Finalement, nous discutons pour les modèles à vocation opérationnelle ou applicative, leur devenir post-projet.

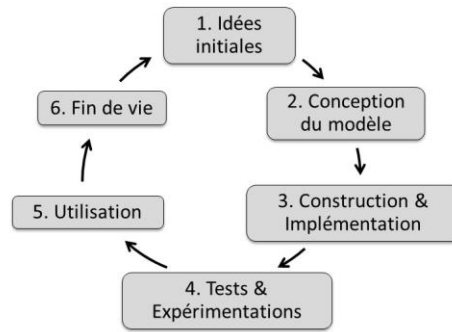
**Mots-clefs** Modèle, Cycle de vie, Chercheur, Devenir post-projet

## I. INTRODUCTION

Faire de la recherche en Génie Civil nécessite de se confronter à un système complexe. Par exemple, à l'échelle matériau, la complexité est induite par la prise en compte de phénomènes concurrentiels liés à plusieurs champs disciplinaires (physique, chimie, mécanique...), aux problèmes d'échelle (depuis la structure atomique jusqu'à l'ouvrage), aux incertitudes, etc. A l'échelle de l'ouvrage lui-même, il est nécessaire de prendre en compte des interactions complexes entre l'utilisateur et l'ouvrages (e.g. occupant d'un bâtiment), un temps long d'analyse et de fortes incertitudes (e.g. vieillissement). Les chercheurs font alors généralement appel à un modèle pour formaliser le système dans sa complexité. La notion de modèle peut renvoyer à des éléments assez différents selon les disciplines. Ici, on prônera une vision œcuménique du modèle : il est défini comme une formalisation et une abstraction du système en un ensemble de concepts en relation et de lois (équation, arbre de décision, table...) (Sfiligoi Taillandier, 2018). Cela peut être des concepts liés par des relations épistémiques, mais aussi des attributs reliés par des fonctions mathématiques. Ainsi, en mécanique, le modèle renvoie généralement au modèle numérique, alors qu'en sociologie, il apparaîtra comme un cadre descriptif de systèmes sociétaux. Mais si le modèle est l'outil du chercheur, il n'est pourtant pas une finalité. C'est un objet transitoire liant une problématique construite en amont, à sa réponse. Le modèle s'inscrit ainsi dans un temps, dans un cycle de vie. Cet article questionne ce cycle de vie et notamment la fin de vie du modèle.

## II. CYCLE DE VIE D'UN MODELE

Le devenir des modèles est complexe, et s'inscrit dans une trajectoire. On peut ainsi tracer le cycle de vie d'un modèle en six étapes (Fig. 1). Globalement, on pourra distinguer trois phases : la modélisation (1 à 4), l'utilisation (5) et la fin de vie (6).



**FIGURE 1.** Cycle de vie d'un modèle

### A. Modélisation

La démarche de modélisation se doit d'être itérative et incrémentale, confrontant sans cesse le modèle avec le monde. Cette interaction entre le modèle et le monde peut être plus ou moins forte, depuis un travail de modélisation en laboratoire avec validation par les parties prenantes (interaction faible), jusqu'à une démarche de modélisation participative (interaction forte) telle que prônée par le collectif ComMod (Barreteau et al., 2003). Nous ne reviendrons pas ici sur toutes les étapes de modélisation ; une description détaillée pourra être trouvée dans (Sfiligoï Taillandier, 2018). Si le modèle s'inscrit dans un cycle de vie (voir la partie C pour le bouclage du cycle), l'étape de modélisation est elle-même itérative et incrémentale. Le cycle de modélisation avec ses différentes étapes est souvent reconduit plusieurs fois dans une démarche de modélisation, mais sans qu'il soit nécessaire de réaliser l'ensemble des étapes pour chaque nouveau cycle. La modélisation est une démarche dynamique, qui est déjà en elle-même porteuse de sens et de connaissances.

### B. Utilisation du modèle

Lorsque l'on considère que le modèle ou son implémentation répond aux objectifs posés en amont, il peut être livré puis utilisé ; le "on" ici est volontairement large car il peut intégrer une grande variété d'acteurs selon les objectifs et la démarche retenue. Cette phase, postérieure à la modélisation, est particulièrement complexe à gérer pour le chercheur, puisqu'elle induit la question du rôle du chercheur dans l'après-projet (voir partie III). Cela interroge le positionnement du Chercheur vis-à-vis du terrain d'étude, remettant en avant la dualité objet/sujet (Morin, 2004). L'objet est un être, vivant ou non, mental ou physique ; il peut être le système dans son ensemble ou une partie de celui-ci. Le sujet est celui qui pense, perçoit ou représente l'objet ; c'est le sujet qui interprète la finalité du système et en fixe les frontières. Cette distinction permet de positionner et de discuter le rapport du sujet à l'objet, celui-ci pouvant en faire partie (e.g. parties prenantes ayant leur vision du système), ou non (e.g. le chercheur analysant un système). Se pose alors la question dont la façon dont le modèle a été positionné, et avant cela, comment le système est défini : Quelle influence du sujet sur l'objet, et inversement celle de l'objet sur le sujet ? L'objet peut-il perdurer par-delà l'absence de sujet ? Le sujet est-il interchangeable ? Ces questions ne sauraient trouver de réponses simples et génériques. Le Génie Civil est riche de la diversité de ses approches, de ses objets et sujets. La phase d'utilisation relève d'enjeux extrêmement divers, mais ces questions restent être valables face à tout modèle.

### *C. Fin de vie du modèle*

Tous les modèles finissent par être abandonnés ou remplacés. La fin de vie des modèles inclut différents devenir : (a) évolution, (b) réutilisation, (c) recyclage (total ou partiel), (d) mise en stockage et (e) mise au rebut. L'évolution traduit la possibilité pour un modèle de connaître une nouvelle version. Cette version est à différencier toutefois des itérations réalisées durant la phase de modélisation ; elle est réalisée dans un temps ultérieur, après que le modèle ait été finalisé et utilisé. La réutilisation consiste à reprendre, sans le modifier, tout ou une partie du modèle, pour l'intégrer dans un autre modèle. Dans le cas d'une réutilisation totale, on peut légitimement considérer cela plus comme la continuité de la vie du modèle au travers d'un usage couplé. En revanche, si seule une partie du modèle est réutilisée, on peut considérer que le modèle original n'est plus. Le recyclage consiste à réutiliser une partie ou la totalité du modèle, tout en la modifiant pour l'adapter aux nouveaux besoins. Par rapport au cas précédent, il y a dans le recyclage, l'idée de transformation avant réutilisation. La mise en stockage consiste à ne rien faire du modèle en attendant qu'il connaisse potentiellement un autre devenir. La mise au rebut consiste en l'abandon pur et simple du modèle.

Il y a plusieurs constats importants à poser, relativisant cette notion de fin de vie des modèles. Tout d'abord, puisque le modèle n'est pas un objet physique, il pourrait être considéré comme en stockage, n'atteignant jamais le stade de rebut. Mais, il arrive qu'un modèle soit considéré comme trop désuet pour avoir encore, en soi, un quelconque intérêt (du moins en l'état, mais il pourrait être recyclé). Cependant, parfois, il arrive que des modèles délaissés connaissent une seconde vie ; par exemple les réseaux de neurones artificiels développés dès les années 40, ont presque disparu ensuite pour devenir incontournables aujourd'hui (deep learning). D'autre part, à partir du moment où un modèle a été publié (article, site de dépôt de modèle, etc.), d'autres chercheurs peuvent le reprendre et le faire vivre. Un modèle peut ainsi connaître plusieurs évolutions en parallèles (e.g. être recyclé ou réutilisé, avant sa fin de vie). Cela peut rendre difficile le suivi des modèles, sauf si ceux-ci sont convenablement (et ce qui devrait être fait) référencés dans les nouvelles publications. Malgré tout, il peut tout de même arriver que plus personne ne juge le modèle satisfaisant et qu'il soit alors collectivement abandonné.

La durée de vie des modèles est très variable, depuis le modèle éphémère fruit d'une tentative peu convaincante, ou visant une unique publication, jusqu'à celui devenant un standard. Par exemple, le modèle d'endommagement de Mazars (Mazars, 1984), créé au début des années 80, a connu de multiples évolutions (analytiques et numériques) dans les années 80-90, le passage dans des codes (quasi)commerciaux, et il connaît différentes évolutions encore aujourd'hui. La durée de vie des modèles est aussi impactée par le type de modèle (généricité, domaine d'application, etc.). Etudier la fin de vie des modèles pourrait ouvrir de nombreuses perspectives riches d'enseignements, constituant un retour d'expériences propre à nourrir la pratique des chercheurs.

## **II. LE TEMPS D'APRES**

Certains modèles sont confrontés à un enjeu spécifique lié à leur vie. Il s'agit des modèles avec une volonté applicative ou opérationnelle. Bien évidemment, en recherche, il est rarement visé des modèles pleinement opérationnels ; on cherche plutôt au travers du modèle une preuve de

concept. Mais, il est tout de même des cas où cette ambition existe (projet avec un partenaire industriel, aide à la décision...). On parlera d'*outil* pour nommer un modèle implémenté ayant une vocation à minima applicative. Un enjeu particulièrement important est celui de la pérennité post-projet des outils. Ici le projet renvoie à tout travail organisé, que ce soit un projet de recherche financé, une thèse... Cela nécessite de pouvoir faire vivre le modèle et les outils développés au-delà du cadre du projet, et qu'il soit utilisable sans l'aide de l'équipe de recherche qui l'a conçu. La motivation par les acteurs à utiliser un outil lorsque le chercheur n'est plus présent sur le terrain, dépendra de leur motivation, de l'intérêt perçu et de leur capacité (perçue et réelle) à l'utiliser. Cela induit de nouvelles notions telles que l'utilité et l'utilisabilité, l'ergonomie, la documentation, la formation/la passation, la motivation. L'utilité, i.e. la capacité de l'outil à répondre à un besoin réel, va beaucoup dépendre de la façon dont la question de modélisation a été posée. Si elle émane ou a été co-construite avec les utilisateurs finaux, il y a de forte chance qu'elle soit porteuse d'un réel intérêt, contrairement à une question issue uniquement du monde académique à partir d'enjeux de recherche ou d'un besoin perçu. L'utilisabilité et l'ergonomie sont souvent laissées de côté par les chercheurs, car ne portant pas d'enjeux scientifiques. Cependant, cela est indispensable pour assurer une pérennité à l'outil. Finalement, la documentation et la formation sont indispensables pour la transmission au sein de la communauté scientifique. On touche ainsi des problématiques liées à l'open data et la science ouverte, induisant un réel changement des pratiques du chercheur.

#### IV. CONCLUSION

Dans cet article, nous avons proposé la base d'une réflexion sur la vie des modèles. L'effort des chercheurs porte essentiellement sur la modélisation (i.e. construction du modèle), mais il serait aussi intéressant de les pousser à se poser des questions sur les phases d'utilisation et de fin de vie de leur modèle. En étudiant l'histoire des modèles passés et en se posant dès la construction du modèle, ces questions, on peut favoriser une pérennisation de ceux-ci, ou du moins accroître leur impact, que ce soit dans les communautés scientifiques et sur le monde. Pour aider à cela, les démarches de sciences participatives et ouvertes apparaissent comme des démarches intégratrices, permettant de mieux lier le sujet et l'objet.

#### REFERENCES

Barreteau, O., Antona, M., et al., 2003. Our Companion Modelling Approach. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, vol. 6.

Bouquet, F., Chipeaux, S., Lang, C., 2014. Chapitre 1. Introduction à l'approche agent. *Simulation spatiale à base d'agents avec Netlogo*. ISTE Edition.

Mazars, J., 1984. Application de la mécanique de l'endommagement au comportement non linéaire et à la rupture du béton de structure, Thèse de doctorat, Université Paris 6.

Morin, E., 2004. Introduction à la pensée complexe. Points, Paris.

Sfiligoï Taillandier, F., 2018. Prendre en compte l'humain en génie civil, la modélisation face au défi de la complexité, Habilitation à diriger des recherches, Université de Bordeaux.