

## Préface

Lorsqu'Olivier Casse m'a approché afin d'écrire une préface de ce nouveau livre très attendu, je fus à la fois enchanté d'avoir de ses nouvelles et honoré qu'un professionnel si expérimenté écrive un texte complet et rigoureux à propos d'une des solutions essentielles de l'offre No Magic. Ce nouveau livre explique, d'une façon claire et concise, comment utiliser Cameo Systems Modeler pour prendre en charge l'ingénierie de systèmes basée sur des modèles (MBSE) avec SysML. Le livre d'Olivier n'est pas un tutoriel, mais plutôt un livre de méthodologie générique et de processus. Ce qui vaut la peine d'être noté, c'est notre relation de longue date avec Olivier Casse, que nous connaissons depuis de nombreuses années. Ses liens solides avec la communauté technologique française et sa situation en France lui confèrent une perspective européenne unique, compte tenu notamment de ses plus de trente-cinq années d'expérience allant de rôles dans l'ingénierie aux responsabilités commerciales, en passant par le conseil en entreprise. Olivier incarne en tous points les meilleures qualités d'un expert en modélisation de systèmes et il apporte ce talent unique à son style d'écriture clair, précis, dans les pages qui suivent. De plus en plus, les clients européens de No Magic soulignent l'importance croissante que la démarche MBSE joue dans un large éventail d'industries ; la France est l'un des principaux pays adoptant l'approche MBSE. Nous savons qu'Olivier reconnaît cette importance, tellement flagrante, de l'adoption européenne rapide de l'approche MBSE dans les secteurs de l'automobile, du transport, de l'aérospatiale, de la défense et de la production industrielle.

En tant que PDG de No Magic et ancien diplômé en ingénierie de l'Université de Purdue, j'ai récemment été réélu pour un cinquième mandat au conseil d'administration de l'Object Management Group (OMG). Pendant près d'une décennie, j'ai établi des

liens étroits avec cette importante organisation de normes de logiciels. À bien des égards, cette relation avec l'OMG a influencé No Magic et les solutions que nous offrons, ce qui nous rend les plus conformes à cette norme industrielle. Chacun, à l'OMG, a vu le fort intérêt en SysML et la croissance exponentielle de l'approche MBSE.

Peut-être est-ce une coïncidence ou bien un excellent synchronisme que la sortie du nouveau livre d'Olivier arrive à l'occasion du vingtième anniversaire de la sortie du logiciel primé MagicDraw de No Magic, notre plate-forme centrale de modélisation, à partir de laquelle Cameo Systems Modeler est développé. J'ai trouvé appropriée la section du livre d'Olivier sur les éléments clefs de la modélisation, apparaissant au bon moment comme un socle opportun pour ceux débutant en modélisation et voulant préparer le terrain à ce qui est présenté dans les chapitres suivants.

Je suis ravi que *SysML en Action* attire le lecteur grâce à une visite en profondeur et une explication du rôle de l'exécution du modèle joué dans la simulation du système, en utilisant Cameo Simulation Toolkit (le seul produit de co-simulation prêt à l'emploi du marché). Dans cette partie du livre, Olivier met l'accent sur la valeur, dans le monde réel, de la simulation de système basée sur les modèles, c'est-à-dire d'acquérir une compréhension du système sans manipuler le système réel, soit parce qu'il n'est pas encore défini ou disponible, soit parce qu'il ne peut pas être exécuté directement en raison du coût, du temps, des ressources ou des contraintes de risque. D'après mon expérience personnelle, les autres livres à propos du MBSE se concentrent sur la création de modèles, tandis qu'Olivier va au-delà en démontrant comment l'utilisation des modèles apporte de la valeur dans les activités typiques d'ingénierie.

Rentrant récemment d'un voyage prolongé de trois semaines en Chine et au Japon, où j'ai lancé une série de journées MBSE circonstanciées de No Magic pour le marché asiatique en plein essor, j'ai été frappé par les nombreuses façons dont les Japonais et les Chinois adhèrent fortement au MBSE. Ce marché, comme ceux d'Amérique du Nord et d'Europe, reconnaît l'importance du MBSE et comprend ses avantages par l'utilisation de cette discipline de modélisation dans leurs processus. Après chaque session, j'ai été entouré par des participants intéressés qui souhaitaient en savoir plus. Mon seul regret est de ne pas avoir eu le nouveau livre d'Olivier sur le podium. Nous pourrions envisager de donner une copie de *SysML en action avec Cameo Systems Modeler* à chacun des centaines de participants avec qui nous avons personnellement partagé notre histoire du MBSE. Le nouveau livre d'Olivier raconte cette histoire avec le détail et la clarté souhaités par ce public. Cela souligne encore une fois pourquoi le MBSE est important pour les professionnels et pour leurs entreprises, n'importe où dans le monde.

No Magic convient de l'importance de la méthode par la récente introduction de MagicGrid, une méthodologie et une structure MBSE de No Magic, bien présentée par Olivier dans son texte. Olivier explique que MagicGrid est importante car il faut une méthode/structure pour définir le processus de modélisation et assurer l'utilisation systématique de SysML. MagicGrid est importante pour cette discussion car elle permet à une organisation de profiter de son processus et de sa culture actuels. Avec MagicGrid, l'adoption du MBSE est plus rapide. Les entreprises peuvent commencer par des exigences ou des cas d'utilisation ou tout autre diagramme SysML. La discussion d'Olivier, à propos de MagicGrid, souligne la nécessité de cette notation graphique et fournit un contexte supplémentaire pour l'intégrité, la réutilisation et l'interopérabilité du modèle, tous intégrés au MBSE dans les applications du monde réel. En fin de compte, comme je l'ai mentionné plus tôt, c'est avant tout un livre de méthodologie et de processus. Il est différent et unique par rapport à d'autres livres sur le MBSE auxquels nous avons pu accéder. Olivier a généreusement utilisé des modèles clairs et un excellent style visuel très lisible. Le lecteur aura une agréable surprise, car ce livre est visuellement beaucoup plus riche que les autres livres que j'ai vus sur le sujet.

Il y a une autre facette de cette histoire qui se déroule en France devant également être racontée. L'Éducation nationale a pris la décision d'adopter, pour les lycées français qui se concentrent sur l'ingénierie et les sciences naturelles, une approche d'ingénierie système basée sur les modèles à l'échelle nationale. La recherche portait aussi sur une solution logicielle parfaitement adaptée à ce jeune public. Les écoles ont fondé leur choix sur la solution à adopter en fonction de plusieurs critères, y compris la facilité d'utilisation et la conformité à la norme SysML. Une évaluation nationale a eu lieu amenant la recommandation par l'équipe d'évaluation de la solution de MBSE de No Magic, composée de MagicDraw avec le plugin SysML comme leur préférence. Aujourd'hui, plus de 500 lycées utilisent l'outil logiciel MBSE de No Magic pour leur enseignement en MBSE. No Magic reçoit fréquemment des demandes des collèges et des universités en France qui sont à la recherche de MagicDraw et de Cameo Systems Modeler. Ceci est tout simplement la progression naturelle des étudiants diplômés des lycées vers le niveau universitaire qui sont déjà familiarisés avec les modèles MagicDraw et Cameo Systems Modeler. Nous attendons le nouveau livre d'Olivier en français pour qu'il soit un texte d'accompagnement populaire pour les étudiants français en ingénierie et les professeurs, car cela est critique à l'adoption du MBSE en France.

Le travail de fond sur le MBSE utilisant No Magic est enseigné tôt, et vient, je le pense, naturellement. Alors que d'autres livres disponibles se concentrent sur le

langage ou la méthode, le livre d'Olivier fournit plus de détails sur l'utilisation de Cameo Systems Modeler. En conséquence, cet ouvrage excelle tant par son aspect pratique comme guide pédagogique que par la facilité avec laquelle les étudiants apprendront par l'exemple.

L'histoire que nous racontons encore et encore, et celle qu'Olivier dépeint de manière spectaculaire dans son livre, c'est que le MBSE est une ingénierie élégante. Pourquoi ? Parce que le MBSE ajoute une réelle rigueur d'ingénierie au processus d'ingénierie des systèmes. J'attends avec impatience la sortie de la traduction anglaise de son livre cet été. La version anglaise sera un excellent complément, un guide de référence idéal pour la sensibilisation indépendamment de la situation géographique.

Je peux dire avec une assurance de 100 % que maintenant plus que jamais, le MBSE est l'un des sujets de discussion les plus importants dans l'industrie de la modélisation. Avec notre monde fortement connecté, le MBSE contribue à simplifier la complexité. Je vois cette forte tendance pour le MBSE dans nos rendez-vous clients, dans les questions de nos clients et dans le nombre de demandes de formation en MBSE que nous recevons chaque jour. Nous voyons également la croissance rapide de l'ingénierie des systèmes basés sur des modèles dans les salons professionnels que nous parrainons et auxquels nous participons, au sein des organisations professionnelles, et par notre affiliation à l'INCOSE, le Comité international en ingénierie des systèmes, ainsi qu'aux quatre réunions techniques trimestrielles de l'OMG chaque année. L'INCOSE, l'association d'ingénieurs la plus importante au monde, présente MBSE comme le futur de l'ingénierie système (IS) et attend avec impatience que le MBSE devienne une pratique commune synonyme de « IS ».

Notre espoir est que les professionnels de l'industrie mettront à la disposition des débutants en modélisation et en simulation, aux chefs de projet, ainsi qu'à d'autres collaborateurs des exemplaires de SysML en action avec Cameo Systems Modeler. Les leaders en ingénierie système trouveront une grande valeur dans ce livre lorsqu'ils rechercheront des moyens d'adopter et de mettre en œuvre une ingénierie habile dont bénéficiera leur entreprise. Ces professionnels, depuis les débutants en modélisation jusqu'aux ingénieurs expérimentés, découvriront, avec une grande clarté, dans les pages du livre d'Olivier, que l'utilisation de SysML et du MBSE est essentielle à leur mission, offrant de meilleurs résultats dans les affaires. Le livre d'Olivier, tout en racontant l'histoire du MBSE, révèle notre communauté de modélisation à son meilleur niveau. SysML en action avec Cameo Systems Modeler offre aux lecteurs un outil

d'apprentissage intelligent, robuste et intuitif pour tous les publics. Aujourd'hui, il est plus important que jamais de nous efforcer de définir, de tracer et de visualiser tous les aspects des systèmes dans les modèles et les diagrammes SysML de la manière la plus conforme à cette norme.

Gary DUNCANSON



# Avant-propos

## Objectifs du livre

Lors des premières discussions sur l'intérêt de créer cette série de livres, initiée avec Pascal Roques et dans laquelle chaque ouvrage détaillera la mise en œuvre d'un outil en particulier, sont venues rapidement les réflexions suivantes : Eh bien, nous allons écrire un nouveau livre sur SysML, que manque-t-il aux ouvrages existants ? Que n'a-t-il pas déjà été écrit à propos de SysML et de sa mise en œuvre ? Quel éclairage novateur lui donner ?

En voici donc la genèse.

Nous utiliserons assez peu de définitions (ou de rappels aux normes) dans ce livre (hormis celles du langage SysML en lui-même), pourtant certaines sont indispensables. Nous commencerons toutefois par la définition de la méthodologie.

Une méthodologie est un ensemble de processus connexes, de méthodes et d'outils utilisés pour soutenir une discipline spécifique. La notation SysML est avant tout une boîte à outils dans laquelle l'ingénieur système va venir piocher afin d'utiliser les éléments mis à sa disposition lui paraissant les mieux adaptés selon le projet, le contexte et bien entendu son usage, son métier. Nous y reviendrons ultérieurement lors de la justification du choix d'un diagramme plutôt qu'un autre dans notre modèle.

Cette boîte à outils, telle que prévue par l'OMG, ne comporte pas de démarche type selon laquelle il faudrait utiliser plutôt ce diagramme à ce moment du projet, pour décrire cette partie, à telle étape ou tel niveau etc. Un des contributeurs de la définition de SysML, l'INCOSE, a notamment proposé une méthodologie basée sur l'état de l'art en ingénierie système et la norme IEEE-15288, norme pivot en IS, nommée OOSEM (Object-Oriented Systems Engineering Method).

Notre démarche, tout en étant conforme avec celle de l'INCOSE, est simplifiée et se base sur les principes de base du MBSE (Model Based System Engineering) qui encadre les travaux au sein de l'OMG sur les différentes méthodologies déployées dans l'industrie.

Ce livre utilisera [Cameo Systems Modeler](#) de la société [No Magic](#) pour illustrer la modélisation de l'exemple applicatif servant de fil conducteur à la description d'une démarche générique, rappelant également les concepts clefs du langage SysML.

C'est l'ensemble de ces trois piliers, indissociables, qui nous servira à illustrer une mise en situation d'une démarche MBSE.

No Magic supporte plusieurs méthodologies, notamment [MagicGrid](#), développée en interne. Son objectif est d'illustrer la manière d'adapter un outil à une démarche ajustée au projet, à son domaine, aux différents métiers des parties-prenantes, qu'elle soit basée sur un standard ou entièrement propriétaire (ce qui est assez rare).

No Magic propose, avec cette approche, de gérer les quatre piliers Exigences, Comportement, Structure et Paramétrique par trois niveaux d'abstraction : problème en boîte noire et boîte blanche puis solution, résultant dans onze étapes.

Pour compléter cet ensemble où la notation SysML est déjà choisie, il y a la démarche décrite plus loin dans ce livre et il y a également la sélection de l'outil de modélisation (parmi d'autres outils d'ingénierie système) qui devra également être pertinente.

Certains éditeurs d'outils proposent (ou recommandent) une méthodologie jugée adaptée à l'ensemble des projets, des métiers, des problèmes à résoudre, etc. Il est bien entendu impossible que cette méthodologie réponde à tous les cas de figure, et quand bien même, les partenaires d'un projet complexe ne sauraient se voir imposer un outil différent à chaque nouveau projet. Il est donc primordial que la méthodologie soit relativement indépendante de l'outillage, tout comme le fait que ce même outillage doive pouvoir supporter la méthodologie choisie.

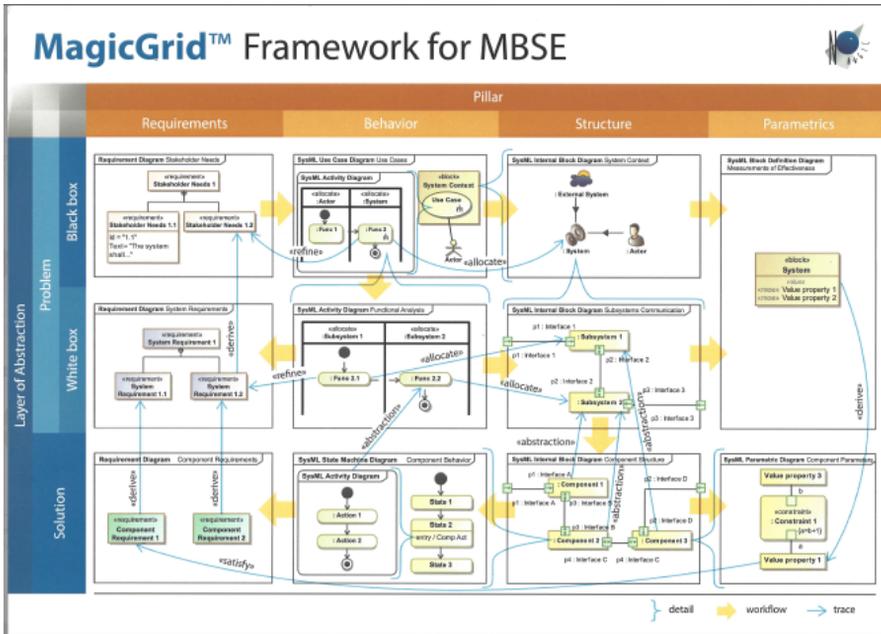


Figure 1. Démarche MagicGrid de No Magic

Nous parlerons un peu plus loin de l’approche MBSE servant de fil conducteur, où par l’utilisation des modèles nous verrons qu’une meilleure formalisation par la diminution de certaines ambiguïtés inhérentes à l’utilisation du langage naturel optimise la communication entre les parties-prenantes d’un projet. Cette approche vise à couvrir les différents niveaux utilisés dans une démarche d’ingénierie système, depuis les exigences jusqu’à la validation, itérativement. Tout le cycle de vie d’un produit n’est pas forcément abordé par la modélisation SysML, cependant les modèles couvrent ces étapes en très grande partie, en particulier sur les phases de définition, là même où une rigueur permettra de diminuer les risques, les coûts, tout en améliorant la qualité et l’image de marque de l’entreprise porteuse du projet.

Nous n’aborderons pas directement dans cet ouvrage l’**ontologie** pouvant permettre de partager les connaissances, par la structuration des concepts décrivant un domaine ; même si notre exemple applicatif est issu du monde automobile, notre objectif étant que la lecture de cet ouvrage soit possible quel que soit le domaine professionnel du lecteur.

Notre méthodologie est simplifiée, cependant très représentative de ce qu'un projet industriel peut exiger pour son succès en se basant sur l'état de l'art et les différentes normes en vigueur.

**REMARQUE.** Il ne s'agit pas d'un tutoriel, nous ne nous pencherons pas trop profondément sur toutes les fonctionnalités de l'outil, uniquement celles jugées remarquables, l'attention portant pour l'essentiel sur comment CSM supporte la modélisation SysML, néanmoins nous commenterons le modèle obtenu.

- Sommaire du niveau contextuel (ce que nous devons y faire).
- Une analyse du mode opératoire.
- Des copies d'écran.
- Des conseils et astuces, les autres options possibles.

Notre volonté n'est pas de présenter l'intégralité des éléments de modélisation SysML disponibles dans cette boîte à outils (il existe d'autres ouvrages de référence et la spécification de la norme elle-même pour cela), ainsi nous nous focaliserons sur les artefacts essentiels avec un éclairage pratique à la fois par l'étude de cas et l'outil de modélisation.

## Structure de ce livre

Cette partie vous permettra de comprendre à quel chapitre vous reporter selon vos besoins. En effet la meilleure modularité possible a été visée, selon votre niveau de connaissance du langage SysML, comme celui de votre expertise de l'outil Cameo Systems Modeler.

La partie principale de cet ouvrage, qui constitue sa plus-value originale, par rapport aux autres livres déjà disponibles sur SysML, est l'étude de cas au cœur d'un outil de modélisation où nous commenterons le modèle obtenu en suivant notre démarche au [chapitre 4 « L'étude de cas »](#).

Toutefois si vous ne connaissez pas suffisamment SysML ou souhaitez rafraîchir vos connaissances, le [chapitre 1 « SysML la notation d'ingénierie système de l'OMG »](#) servira de référence à la notation SysML. Un bref rappel sur la démarche MBSE est également prévu, véritable pilier de structuration pour notre projet et nécessaire avant de rentrer dans le vif du sujet !

Le [chapitre 2 « À propos de Cameo Systems Modeler »](#) vous permettra d'obtenir des informations pratiques sur Cameo Systems Modeler. Bien sûr, quelques

particularités, mais souvent les modes opératoires relativement communs à la plupart des outils de modélisation utilisables industriellement.

Le chapitre 3 « Le sujet de l'exemple » décrit le sujet de l'exemple choisi, qui est un système de verrouillage centralisé pour véhicule automobile.

Enfin le chapitre 5 « Au-delà de la modélisation » complétera le chapitre 3 sur des suppléments outillés de la modélisation en elle-même afin de tirer tous les bénéfices de la démarche MBSE par exemple V&V, etc.

L'index, situé à la fin, comprend un grand nombre des termes utilisés, que cela soit les mots-clefs SysML bien entendu, mais également la terminologie d'ingénierie système.

Cet index est rédigé en français, cependant la version anglaise des mots-clefs pointant sur la traduction est incluse.