

Préface

C'est un fait, le recours massif à la modélisation et la simulation numérique se propage désormais à toutes les phases de la vie d'un système technologique. C'est un moyen efficace pour limiter les risques, optimiser les performances et réduire les délais de développement (*first right at right time*). Dans cette logique, l'offre commerciale d'environnements de simulation de niveau système ne cesse de s'accroître, de se diversifier et d'être plus accessible au non-spécialiste. On en viendrait presque à croire que l'environnement de simulation utilisé le dote d'une compétence immédiate pour créer de la valeur et faciliter la prise de décision en réponse aux besoins de l'ingénierie.

En matière de modélisation, les premiers principes de conservation permettant d'adopter une vision réseau ont été formulés aux XVIII^e et XIX^e siècles. Le XX^e siècle a vu naître les notions de variables *across* et *through*, les analogies, puis les *bond graphs* pour apporter un cadre méthodologique à la modélisation et l'analyse des systèmes à transfert d'énergie. Dans les années 1960, l'électronique a fait naître des solutions commerciales de simulation analogique qui ont largement contribué à promouvoir la représentation de type bloc-diagramme. Les méthodes d'intégration numérique, apparues avec Newton dès la fin du XVIII^e siècle, n'ont cessé de se développer avant, puis après l'avènement des calculateurs numériques. Les solveurs numériques modernes sont désormais capables de traiter des problèmes raides, discontinus et algébro-différentiels. Ils sont même dotés d'une couche d'expertise qui les adapte en permanence et automatiquement à la nature mathématique du modèle à intégrer. Les langages de programmation ont évolué en même temps pour standardiser la définition des modèles et la mise en œuvre des solveurs. Les récents langages a-causaux comme Modelica prennent même en charge l'organisation des calculs à partir d'équations non orientées, permettant au passage des manipulations symboliques et libérant de nombreuses contraintes d'assemblage ou d'inversion de modèles. Enfin, les bibliothèques de modèles génériques qui sont proposées permettent de construire son modèle par une série de cliquer/glisser (*click and drag*), sans

même écrire une ligne de code. Sur ces constatations, on serait effectivement tentés de considérer qu’avec un environnement commercial de simulation moderne, la simulation d’un système technologique multiphysique ne présente plus aucune difficulté. Il n’en est rien et pour plusieurs raisons.

La formation initiale des techniciens et ingénieurs est restée longtemps contrainte par sa structuration en silos hermétiques (mécanique, électrotechnique, mécanique des fluides, etc.). À la fin des années 1970, elle a d’abord visé à couvrir les besoins liés au dimensionnement fin *via* la modélisation locale (éléments finis solides et plus tard mécanique des fluides numériques, électromagnétisme 2 ou 3D). Ce n’est qu’au cours des deux dernières décennies que la simulation système pluridisciplinaire s’est vraiment développée. Cependant, les formations et les ressources bibliographiques sont la plupart du temps restées associées à des domaines technologiques ou à des logiciels spécifiques. De son côté, le champ applicatif de la simulation système ne limite plus seulement à l’étude de la réponse dynamique, particulièrement pour les besoins de la commande. Il s’étend à des préoccupations de plus en plus larges en matière de performances (consommation d’énergie, besoins de puissance, réponse à la panne, équilibre thermique, intégration système, etc.) et doit tirer profit des méthodes avancées de dimensionnement inverse, d’optimisation, de conception robuste et de vérification/validation.

Face à ces nouveaux besoins de compétences, les auteurs proposent dans cet ouvrage une vision appliquée qui est issue de nombreuses années d’expérience d’enseignement supérieur et de recherche en lien avec l’industrie. La modélisation est ici traitée au sens large : simplification juste suffisante pour l’élaboration du modèle, implémentation et simulation du modèle prenant en compte les contraintes des solveurs, exploitation de la simulation pour la création efficace de valeur. À travers les nombreux exemples d’actualité qu’ils développent, les auteurs disséminent efficacement les bonnes pratiques et ils facilitent l’acquisition de savoir-faire en modélisation multiphysique des systèmes technologiques.

Jean-Charles MARÉ
INSA Toulouse