

CONCEPTION MODÉLISÉE

Est-il temps de changer votre **méthode de conception?**

La conception modélisée réclame un tout autre mode de réflexion en termes de conception des régulations et des commandes. Elle peut néanmoins générer des résultats mesurables. Dans le sillage des 'utilisateurs précoces' élitistes, en général l'industrie automobile et l'aéronautique, d'autres secteurs commencent aussi à accueillir cette méthode favorablement. L'heure d'analyser votre méthode de conception a-t-elle sonné ? Dans l'article ci-dessous, Paul Lambrechts de The Mathworks estime en tout cas que oui.

Les sociétés de production et les fournisseurs d'appareillage industriel sont confrontés à des objectifs contradictoires: la réduction du délai de mise sur le marché et l'augmentation de la qualité des produits finis. Cela signifie que le délai de développement de nouveaux produits et le processus de production nécessaire sont mis sous pression. De ce fait, les nouvelles machines de production doivent notamment assurer une plus grande flexibilité et une meilleure qualité.

D'autre part, les frais sont également mis sous pression. Le coût de propriété du parc de machines doit être réduit alors que celui-ci doit simultanément rencontrer des exigences toujours plus strictes en matière de sécurité, d'environnement et de consommation d'énergie.

Ceci nécessite une approche intégrée recourant à une optimisation du processus de production au travers de toutes les disciplines concernées (mécanique, électrique, hydraulique, énergie...). Pour ce faire, une puissante électronique de commande numérique est de plus en plus mise en œuvre. Par conséquent, l'informatique ne cesse de prendre davantage d'ampleur. Cette approche intégrée recourt dès lors de plus en plus à une conception modélisée (model-based design) pour l'analyse et l'optimisation du processus ainsi que pour la conception des algorithmes de commande et régulateurs des unités de contrôle et PLC embarqués dans les machines modernes. Le comportement de la machine, les commandes et les régu-



Photo: Boeing

L'industrie aéronautique figure parmi les 'utilisateurs précoces' de la conception modélisée dans les processus de développement et de production. Le pilote automatique d'un avion en est un bel exemple.

lations sont modélisés dans un environnement logiciel. Des simulations informatiques permettent alors de tester et vérifier si les algorithmes de commande et de régulation répondent bien à l'ensemble des exigences et desiderata. Ces algorithmes peuvent ensuite être implémentés en toute confiance sur la véritable machine.

Approche traditionnelle

On retrouve souvent un processus de conception traditionnelle dans les sociétés ayant adopté une approche monodisciplinaire et des systèmes de commande simples. Les exigences et desiderata sont rassemblés au départ de diverses sources. Il y a notamment les attentes des clients, la législation et la réglementation et enfin, la stratégie de l'entreprise. Ces exigences sont combinées,

prises sur papier et ensuite communiquées à l'ingénieur qui conçoit et documente la stratégie de régulation. Le concept doit alors être traduit par un programmeur en code C, par exemple, afin de tester l'algorithme sur un prototype ou sur la véritable machine. Une deuxième conversion s'avère parfois nécessaire afin d'implémenter l'algorithme dans le matériel de la machine, souvent plus robuste mais moins puissant que l'équipement de test. Ces conversions ont une influence négative sur le délai et les frais de développement d'une nouvelle machine. Un manquement dans l'implémentation finale se détecte difficilement et ne se manifeste que tardivement dans le processus de conception. Une modification fondamentale, par exemple suite à une modification des exigences, peut impliquer la reprise à zéro d'une grande masse de travail.



Conception modélisée

Dans la conception modélisée, la première étape consiste également à rassembler les exigences, les 'requirements'. La différence réside dans l'utilisation d'un environnement de modélisation pour spécifier l'algorithme de commande. Le comportement de l'algorithme peut alors être conçu et testé dans un environnement virtuel. Le comportement de la machine peut également être modélisé : la simulation de l'algorithme prenant en compte le comportement de la machine permet de vérifier très tôt dans le processus de conception si le concept rencontre toutes les exigences.

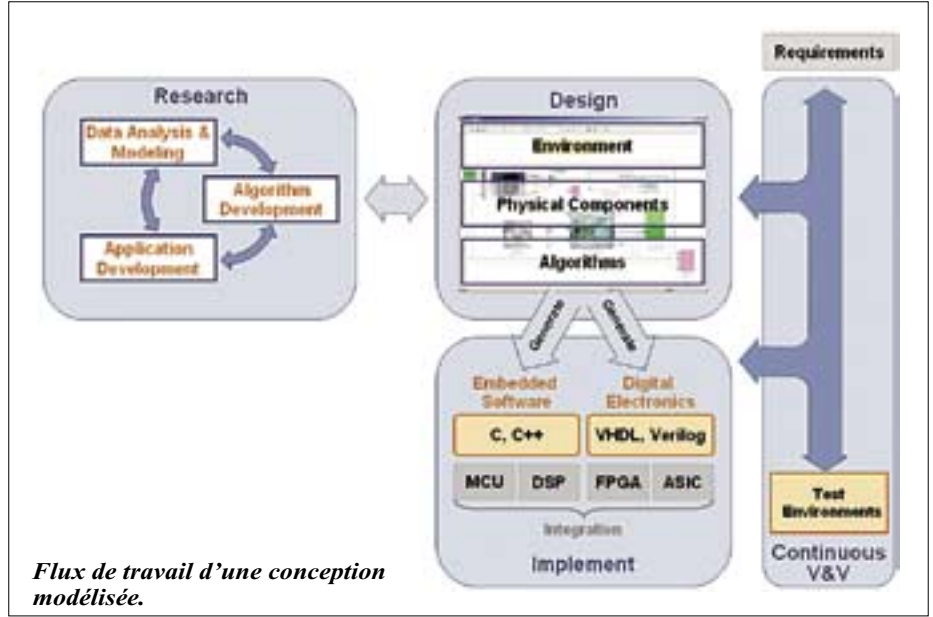
La combinaison de modèles de différentes disciplines (mécanique, électrique...) en un seul environnement de modélisation permet d'expérimenter diverses pistes pour le concept mécatronique. Le modèle de simulation de l'algorithme donne simultanément une spécification univoque du logiciel de commande, tel qu'il devrait idéalement être implémenté dans le matériel de la machine, d'où le nom de 'executable specification'.

La procédure est la suivante. D'abord, se concentrer sur les caractéristiques souhaitées, c'est-à-dire le niveau de performance de la machine et la manière de l'atteindre par les régulations et les commandes. Ensuite, ces algorithmes sont davantage complétés et développés afin de pouvoir être réellement implémentés, par exemple en tenant compte d'un certain temps d'échantillonnage des régulations numériques, d'une certaine résolution des enregistreurs de mesure ou encore de la capacité de calcul ou de mémoire réduite du processeur utilisé.

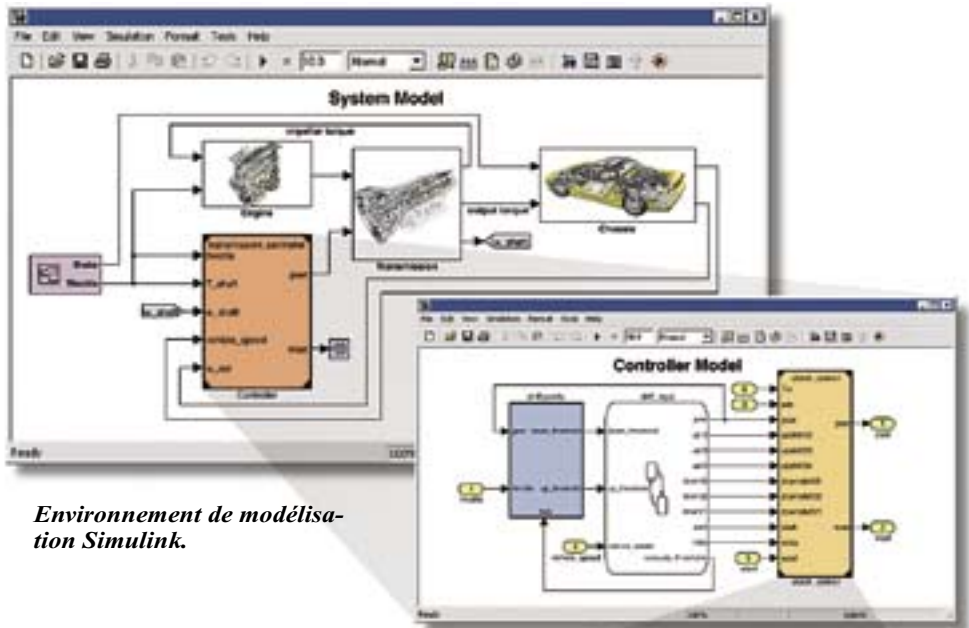
Le test systématique de toutes les exigences ou restrictions ajoutées et la simulation de la machine en tant qu'ensemble permettent de faire d'une pierre deux coups. Tout d'abord, les concepteurs vérifient s'ils rencontrent toujours les exigences dans le monde virtuel. Ensuite, la procédure permet de définir des tests qui pourront être utilisés plus tard sur la véritable machine.

Vers le code de production

Nous sommes ainsi arrivés au dernier aspect, mais probablement le plus puissant de la conception modélisée. Le modèle de simulation de chaque régulation et commande constitue finalement une spécification exacte du code à implémenter, si nécessaire jusqu'au niveau du 'bit-true' et 'cycle-accurate'. La conversion de cette spécification par une génération automatique de code C pour le processeur final apporte aussi deux avantages importants. Elle évite tout d'abord des erreurs humaines difficiles à prévenir et à tracer. Ensuite, il reste un lien bidirectionnel entre le code de production final et la spécification de haut niveau de l'algorithme, les exigences initiales et les procédures de test. L'exclusion d'erreurs a une influence positive sur les frais

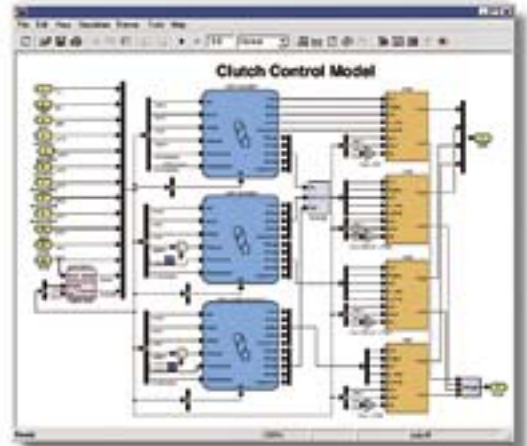


Flux de travail d'une conception modélisée.



Environnement de modélisation Simulink.

L'auteur travaille chez The MathWorks. Cette société dispose d'une vaste 'Suite' de produits, pouvant soutenir une multitude d'aspects de la conception modélisée tels que l'association d'exigences à des modèles, le test de 'coverage' pour les structures décisionnelles et la génération automatique de tests. La configuration de la génération automatique de code (conforme aux 'coding standards') et la résolution de problèmes d'échelle dans l'arithmétique en virgule fixe sont d'autres exemples.



de développement et la qualité ; le lien est non seulement important mais même exigé lorsqu'il s'agit d'applications qui doivent rencontrer certains standards de qualité et de sécurité, tels que l'IEC 61508 dans l'industrie automobile ou le DO-178B dans l'industrie aéronautique.

Implémentation

Les industries automobile et aéronautique peuvent être considérées comme des 'utilisateurs précoces' de la conception modélisée dans le processus de développement et de production. Pensez par exemple au régulateur de vitesse d'un camion avec semi-remorque ou au pilote automatique d'un petit jet d'affaires. Les expériences dans ces deux industries montrent que l'introduction réussie de la conception modélisée dépend d'une interaction entre le bon environnement de développement logiciel et les procédures et l'approche au sein de l'entreprise.

Différer le choix du matériel

Il est important de pouvoir différer autant que possible le moment du choix du matériel à utiliser. Cela veut dire que les modèles et algorithmes sont également utilisables si l'on choisit par la suite un matériel plus puissant ou meilleur marché. La possibilité de générer à partir d'un même modèle un code HDL, permettant de commander des composants matériels configurables très rapides comme les FPGA, constitue un plus indéniable. La génération de code IEC 61131-3 pour la programmation de PLC industriels est une autre possibilité.

Il existe des exemples réussis d'applications à petite échelle de la conception modélisée réalisées par des développeurs individuels. Cependant, des grands projets multidisciplinaires englobant plusieurs départements et/ou entreprises semblent également profiter de ce concept. Ceci implique toutefois des répercussions sur les procédures et l'approche de l'entreprise. Dans ce sens, il est possible de tirer des parallèles avec l'introduction de la CAO dans la vie d'entreprise, il y a une vingtaine d'années. La conversion des processus d'entreprise existants vers cette nouvelle tech-

nologie n'a pas toujours été simple mais aujourd'hui, plus personne ne doute de son succès.

Un concept qui vous concerne?

La conception modélisée est un puissant concept pour les développeurs de produits et machines de production qui dépendent de plus en plus d'une technologie de haut niveau combinée à des régulations et commandes numériques. Il s'agit d'une méthodologie qui cadre parfaitement avec les entreprises disposant d'une expérience avec des méthodes de conception structurées comme le diagramme en V. Par ailleurs, la conception modélisée peut aussi offrir un soutien et abaisser le seuil d'accessibilité pour les entreprises qui souhaitent franchir le pas. Le cœur de la conception modélisée est l'utilisation d'outils logiciels permettant d'abord de mettre sur pied et d'exécuter le véritable concept pour ensuite comparer au plus vite les résultats obtenus par simulation avec les exigences. Les algorithmes pour les régulations et commandes peuvent ainsi être définis et testés sur une machine virtuelle. Ensuite, il est possible de générer automatiquement et efficacement un code très qualitatif et fiable, tant pour les puissants processeurs 'universels' tels que les PC industriels que pour les simples processeurs embarqués qui brillent par leur compacité et leur faible coût.

Bon nombre d'entreprises ont déjà constaté que la conception modélisée les aide à rationaliser leur processus de développement : les exigences et souhaits sont plus vite clairs, les erreurs de conception sont décelées très tôt, le code écrit à la main ne doit plus être débogué et la réutilisation de modèles et algorithmes dans de nouveaux projets est plus simple. Bref, les développeurs obtiennent un meilleur résultat en moins de temps et à moindre coût.

Le logiciel nécessaire pour soutenir ce processus est disponible dans le commerce et se développe rapidement sur la base des expériences de sociétés avant-gardistes. Il est ainsi de plus en plus facile pour les entreprises de franchir le pas et de profiter de la conception modélisée. <<



Vous pouvez télécharger cet article sur www.engineeringnet.be