

DOSSIER

La mécatronique pousse le partage de données

Le dialogue entre les applications de CAO mécanique et électronique ne cesse de s'améliorer. L'objectif des éditeurs, créer des liens encore plus forts entre les deux mondes et passer encore plus d'informations, mais aussi assurer la gestion fiable des modifications.

Quand on développe des produits mécatroniques, autrement dit que l'on insère de l'électronique dans des composants mécaniques, pas question de travailler avec des outils qui ne se comprennent pas. Il faut de l'interopérabilité. Les informations les plus importantes d'une carte qui doivent pouvoir être échangées avec le monde de la mécanique ? « *Le contour de la carte, les emplacements des composants et leur hauteur, les trous mécaniques, les zones de restriction en Z...* », retient Philippe Bridenne, business développement manager chez Mentor Graphics France.

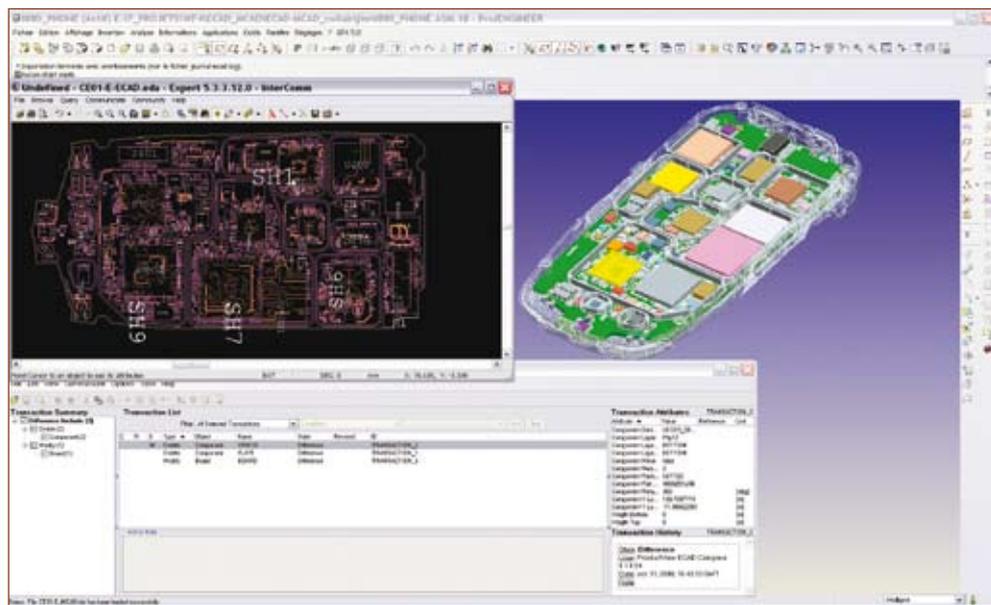
IDF, le standard

Pour partager ces données, les éditeurs proposent plusieurs solutions. D'abord, le format IDF (intermediate data format). Le principe

est simple : les composants électroniques et leur carte sont récupérés par la CAO

« Cette technique permet d'avoir une vision en 3D

massive des composants récupérés, commente Pascal raynaud, spécialiste



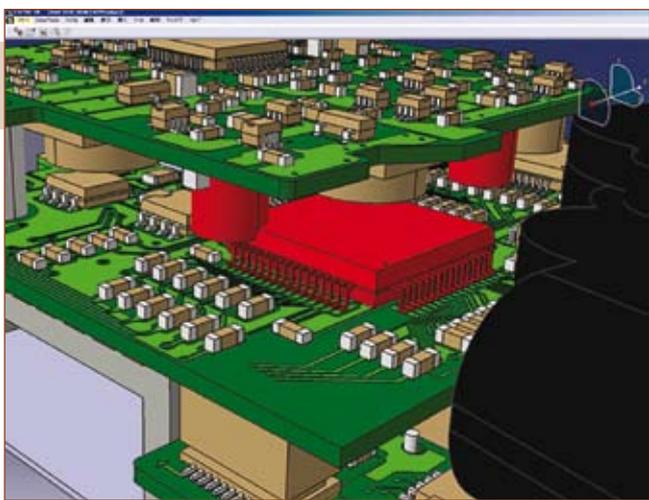
Avec l'extension EDMD, un utilisateur de Pro/Engineer peut visualiser une carte en 3D sans détails, et en 2D avec tous les éléments détaillés.

mécanique qui reconstruit un modèle de l'ensemble carte+composants en piochant dans une bibliothèque de correspondance interne, ou en appliquant une cote en Z à chaque composant, à partir de

de la carte, de définir des zones d'implantation des composants et des pistes, de faire des calculs d'interférence avec des solides et même de faire des calculs de poids des cartes en passant par la densité

CAO mécanique sénior chez PTC. Pro/Engineer propose notamment ces fonctionnalités dès sa version de base ».

Et ce format permet d'aller assez loin, comme gérer



Grâce à son interface directe avec les outils de Zuken, Catia visualise la géométrie réelle des composants électroniques et importe les informations nécessaires aux simulations.

des cartes flexibles. Exemple dans Catia, qui bénéficie d'une fonction dédiée à ces technologies : « Le technicien modélise sa carte en 3D, puis il y place ses composants. L'ensemble est ensuite déplié pour obtenir le contour à plat, envoyé en conception électronique via un fichier IDF, avec mention des zones flexibles. L'électronicien fait son routage et renvoie un IDF, replié par Catia », détaille Manuel Rei, responsable de la solution collaborative mécatronique chez Dassault Systèmes (DS).

Tracer les modifications

Selon Grégory Naillat, consultant PLM chez Siemens PLM Software, « Une des principales difficultés de la mécatronique réside dans la garantie que les modifications des électroniciens soient bien prises en compte par leurs collègues du bureau d'étude mécanique. En effet, il ne s'agit pas d'avoir terminé la conception et la validation d'une carte pour se rendre compte qu'elle est trop encombrante pour le rack mis à disposition

sur le projet ». Or la solution IDF, est efficace, mais ne prend pas en compte les modifications réalisées. Pour cela, les partenaires doivent recharger le modèle de la pièce en développement, parfois sans voir les différences avec la version précédente. Avec ECAD-MCAD Collaborator, construit autour du format EDMD (Electrical Design Mechanical Design) défini par l'association internationale Prostep, Mentor Graphics et PTC vont un peu plus loin, en organisant la collaboration des partenaires mécaniciens et électroniciens. « Cette technologie intègre un protocole synchrone ou asynchrone de dialogue qui permet d'échanger les modifications des modèles dans chaque discipline. Un mécanicien peut proposer un changement sur une carte et l'électronicien accepte ou non et éventuellement fait une contre-proposition. Le système garde une trace de cet échange », explique Philippe Bridenne. Autre avantage, EDMD ne véhicule que des changements incrémentaux. Les informations qui transitent sont donc très légères.

Or, « dans le monde du téléphone portable, par exemple, il peut y avoir une vingtaine de demandes de changements par jour pour le positionnement d'une simple led », explique-t-il.

« Nous avons développé notre partie de l'interface EDMD, offrant aux éditeurs de CAO mécanique de développer la leur pour assurer les échanges avec nos outils », déclare Philippe Bridenne. Pour

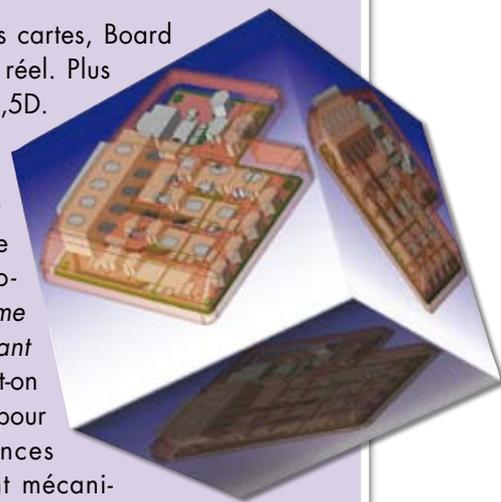
l'heure, seul PTC s'est engagé dans cette voix. Côté visualisation, cela se traduit dans Pro/Engineer par deux solutions : une vue en 3D sans détail, ou une vue 2D complètement détaillée, avec pistes et composants, comme elle l'est dans la solution électronique. Intérêt : « Cela peut être utilisé par des non spécialistes », explique Pascal Raynaud. La gestion de données, quant à elle, est assurée par PDMLink.

Logiciel collaboratif chez Zuken

Il vient de sortir en février. Son nom : Board Modeler. Sa fonction : assurer une meilleure collaboration entre les utilisateurs de la suite CR 5000 de Zuken et les mécaniciens. « Il permet aux concepteurs mécaniques et PCB de travailler en collaboration plus étroite et de façon synchronisée dès la phase de planification », assure l'éditeur.

Côté visualisation des cartes, Board Modeler offre un 3D réel. Plus de reconstruction en 2,5D.

Grâce à l'import de modèles construits en CAO ou en piochant dans une base de données de composants en ligne, « la forme complète du composant est visible », explique-t-on chez Zuken. Un plus pour les tests d'interférences avec l'environnement mécanique. Dans l'autre sens, le logiciel permet à l'électronicien d'importer des éléments directement à partir de la CAO mécanique. Enfin, « les structures des cartes, avec toutes les propriétés matérielles et les contraintes électriques, peuvent être exportées via Board Modeler dans des outils de simulation pour la vérification mécanique, électrique ou thermique », assure l'éditeur. Les résultats des simulations peuvent ensuite être rétro-annotés dans CR-5000 pour effectuer des modifications de conception.



SKF suit un parcours balisé

A Saint-Cyr-sur-Loire (Indre-et-Loire), l'Automotive development Center de SKF, intégré au sein du service Sensor Integration du roulementier, est spécialisé dans le développement de produits mécatroniques pour l'automobile et l'industrie. Parmi ses dernières réalisations, le Pin Encoder, un roulement instrumenté de petite taille destiné à la mesure d'angles sur des bras articulés de pelleuses. Son atout : grâce notamment à une technologie de carte électronique flexible, il est suffisamment petit pour être inséré, sans modification importante du mécanisme receveur.



« Il faut environ 24 mois pour développer ce type de produit », commente Alberto Carlevaris, directeur du centre. Alors son équipe suit un processus bien balisé. « D'abord, il faut lancer la conception de l'ensemble et une analyse des besoins pour définir une spécification ciblée. On peut ensuite démarrer en parallèle les conceptions mécanique, électronique et logicielle. Enfin, on intègre le tout afin de valider les choix à l'aide de simulations », détaille Alberto Carlevaris. La simulation de départ est réalisée avec Matlab et Simulink. Le centre utilise également le logiciel de gestion des exigences Telelogic Doors pour assurer la maîtrise de la spécification du produit. Sa CAO mécanique est celle du groupe : Pro/Engineer et il conçoit ses éléments

électroniques avec Cadence. « On utilise aussi des feuilles de calcul sous Excel pour des analyses de fiabilité prévisionnelle », complète Alberto Carlevaris. Enfin, le développement de logiciel embarqué s'appuie sur des outils de The Mathworks et des compilateurs spécifiques à chaque microprocesseur. Quant aux simulations, elles sont réalisées en interne ou par d'autres (en thermique par exemple) centres du groupe.

Pendant un projet, « il y a beaucoup de liaisons entre mécanique et électronique, commente le directeur. Pro/Engineer et Cadence ne sont pas intégrés mais ce n'est pas un point bloquant. Des échanges classiques suffisent, même s'il faut ressaisir certaines informations, car nos modules électroniques sont assez réduits », poursuit-il. Ce qui lui manque ? « Pouvoir simuler la compatibilité électromagnétique de l'électronique intégrée dans la mécanique. Nous n'avons pas les outils pour modéliser correctement cela, explique Albert Carlevaris. Pour l'instant, nous suivons des règles internes et nous vérifions a posteriori que l'on est bien dans les niveaux requis ».

Les limites du format de Prostep ? « Les pistes de cuivre ne sont pas prises en compte, reconnaît Philippe Bridenne, de Mentor Graphics. Certains clients placent des éléments métalliques sur leurs cartes. Il

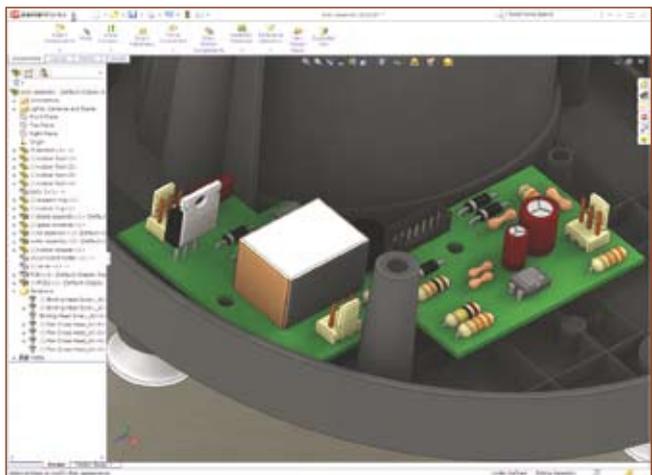
est important pour eux de garantir que ces pièces ne créons pas de court-circuit ». Mais cette lacune devrait vite être levée. « C'est prévu dans nos roadmaps », assure le business manager.

Des liens directs entre CAO

La dernière solution pour assurer des liens forts entre les deux mondes ? L'interface directe.

C'est ce que propose Dassault Systèmes pour communiquer avec le CR 5000 de Zuken. « On passe toute la géométrie de la carte dont les pistes de cuivre et les informations électriques liées au composant », commente Manuel Rei. La traçabilité des échanges des données est traitée par Enovia. La visualisation de la carte est complète. Un point

parfois crucial. « Nous avons un client qui fait des mouvements de montre dans lesquels une carte est pincée sur le corps métallique de la montre. Pour bien concevoir sa partie, le mécanicien doit voir la carte avec ses pistes, pour ne pas les endommager », explique le responsable de la solution mécatronique de DS. Attention il y a des règles dans ces échanges. Par exemple, le mécanicien ne peut demander un changement sur la carte mais pas la modifier lui-même. « L'électronicien reste maître du positionnement et du routage », explique Manuel Rei.



En février, Zuken a lancé un autre outil, plus universel, assurant une meilleure collaboration avec toutes les applications de CAO (encadré page 39). « *Mais le partage par interface directe apporte beaucoup plus de choses* », insiste Manuel Rei, car Catia peut alors récupérer des données relatives aux propriétés thermiques sur le composant, les signaux portés par la carte... Bref, quantité d'informations qui seront utiles pour la représentation en 3D, mais aussi pour la constitution de modèles automatiques pour des simulations dans Simulia. Zuken développe des solutions analogues avec Pro/Engineer et NX.

La simulation, un point essentiel

La simulation constitue d'ailleurs un point capital dans les développements mécatroniques. Certaines analyses sont faites directement dans les outils de PCB, comme celles de contrôle d'intégrité de signal ou de distribution de puissance ou d'hyperfréquences. Mais elles s'arrêtent alors au cadre électronique. Même remarque pour la compatibilité électromagnétique, que l'on ne peut mettre en œuvre en trois dimensions qu'au prix de travaux d'experts pointus. Dans le domaine thermique, par contre, les choses avancent vite. Fruit, notamment, de l'entrée de Flotherm chez Mentor Graphics, « *nous avons des outils (Flotherm et Flotherm PCB) qui permettent de créer un modèle thermique complet d'un circuit imprimé*

Artus modélise sa mécanique pour développer son électronique

Basé à Anger, Artus est spécialisé dans les équipements aéronautiques (moteurs électriques d'avions, électronique de puissance, systèmes de conversion d'énergie) en petites séries. Pour la filiale du groupe américain Danaher, mécatronique rime avec quotidien. « *Dans nos produits, il y a de la mécanique, de l'électrotechnique et de l'électronique de commande* », annonce Emmanuel Josserand responsable du département logiciel embarqué. Autre point particulier : « *La plupart de nos projets sont 100 % nouveaux* », ajoute-t-il.

Depuis 2005, l'entreprise de 300 personnes change progressivement sa façon de concevoir ses produits. De méthodes classiques, elle est ainsi passée à l'ère 100 % numérique en investissant dans l'offre de modélisation et de simulation de The Mathworks, avec Matlab, Simulink, et la bibliothèque dédiée aux composants de puissance SimPower System.

« *Auparavant, on réalisait le moteur, l'électro-*

ronique et on mettait l'ensemble au point », explique Emmanuel Josserand. Désormais, la définition et la calibration des lois d'asservissement à implanter dans des circuits intégrés passe par la modélisation préalable de la partie mécanique. « *Cela permet de développer l'électronique et de contrôler le comportement du produit avant qu'il soit fabriqué* », explique le responsable de département. Et donc de valider ses choix d'asservissement ou de les corriger au plus tôt.



Moteurs électriques aéronautiques.

Dans le service de Emmanuel Josserand, l'électronique est reine. Mais pas question de se passer des mécaniciens ! Les spécialistes des logiciels embarqués s'appuient sur les mécaniciens pour décrire au mieux le fonctionnement physique des moteurs. Et les mécaniciens y trouvent leur compte. « *La simulation montre comment un produit va fonctionner. Elle peut aussi montrer qu'un moteur ne fonctionnera pas ou qu'il n'atteindra pas les caractéristiques (couple, puissance...) attendues* », explique Vianney Grislin, ingénieur projet. Alors qu'ils ne pouvaient avant que corriger le comportement de la mécanique avec l'électronique, les ingénieurs d'Artus peuvent donc aujourd'hui s'appuyer sur l'électronique pour optimiser la mécanique.

A l'avenir, Artus compte systématiser l'usage de la modélisation. « *Les systèmes sont de plus en plus complexes. Au point que l'on se demande s'il est possible de les développer sans modélisation* », reconnaît-il. Dans l'entreprise, le déploiement des solutions se poursuit donc. Pour l'instant, les outils de The Mathworks sont utilisés « intensivement » par une personne et d'autres y viennent progressivement. « *Nous allons compléter l'équipement du poste actuel et investir dans un second poste* », annonce Emmanuel Josserand.

en associant des modèles de composants, grâce à une bibliothèque spécifique », annonce Philippe Bridenne. Selon Manuel Rei, de DS, cela serait également possible dans Catia en passant par des solutions partenaires. Les éditeurs travaillent désormais sur la possibilité d'automatiser ces opérations et de les simplifier.

L'avenir

A l'avenir, les solutions mécatroniques iront toujours plus dans le détail. « Nous avons des demandes pour aller plus loin dans la visualisation de la carte en 3D », témoigne Pascal Raynaud. Elles devront aussi supporter des technologies nouvelles. « Certains clients veulent se passer de cartes électroniques et déposer les compo-

sants directement sur des coques ou des pièces, pour l'électronique de puissance d'un composant mécatronique, par exemple », commente Manuel Rei. Les connections étant assurées par des « bondings », du routage dans l'espace. « Il est logique de traiter de type de développements en mécanique », déclare-t-il. DS étudie notamment ce genre de développement dans le cadre du projet de R&D O2M, porté par Valéo au sein du pôle de compétitivité Mov'eo. Le projet qui arrive au terme de sa première phase doit donner lieu à des démonstrateurs basés sur des scénarios clés de l'industrie. La seconde phase démarrera dès juillet avec de nouveaux objectifs, parmi lesquels la gestion de ces nouvelles techniques,

mais aussi la définition des données à renseigner et échanger afin de pouvoir, avant même de définir une carte, lancer des simulations de fonctionnement de dispositifs multiphysiques dans le monde 3D, à partir d'informations liées aux composants.

Du côté des éditeurs de solution électroniques aussi, on s'attaque au futur. Chez MentorGraphics, 3DViewer permet déjà de visualiser les cartes, synchronisées avec le PCB, dans l'espace. Dans sa dernière version sortie en mars, elle supporte désormais les cartes électroniques, mais également des technologies nouvelles telles que les modules multipuces (Multichip modules MCM) ou les routages 3D (bondings), pour lesquel-

les la troisième dimension devient incontournable. Les technologies avancent à grand pas, mais les outils mécatroniques font face à leurs limites. « En design mécatronique, la limite réside dans le traitement de très gros assemblages car ils peuvent vite être composés de dizaines de milliers de références (composants électroniques + mécaniques + câbles et connecteurs). L'arrivée récente des machines 64 bit permet de relever cette limitation, mais ces nouvelles configurations ne sont pas encore communes chez nos clients », explique Grégory Naillat, de Siemens PLM Software. Après les efforts de communication, les logiciels de conception devront donc s'attaquer à un autre chantier : leur simplification. ■



Christian MAUDET

Expert outils CAO PCB et Mécanique chez Thales

Comment appréhende-t-on la mécatronique chez Thales ?

Thales est un leader mondial de l'électronique sur les marchés de l'aéronautique et de l'espace, de la défense et de la sécurité. Nous réalisons autour de 500 nouvelles conceptions de cartes par an. Il s'agit souvent de faibles quantités de produits dont la durée de vie sera par contre importante avec des exigences élevées de fiabilité. La mécatronique, pour nous, est la capacité à pouvoir prendre en compte virtuellement la réalité électronique dans la conception mécanique et vice versa. Compte tenu du marché, nous devons réaliser des cartes exploitables dès le premier cycle de développement. Cela nous oblige à paralléliser les différentes phases de conception en tenant compte de l'ensemble des sources de contraintes. Par exemple, nous validons précisément le choix de composants en intégrant les risques d'obsolescence, nous mettons en place très tôt des simulations électroniques, mécaniques, thermiques afin de valider les exigences critiques. Puis nous lançons les différentes étapes de conceptions détaillées dans une démarche de concurrent engineering permanent.

Quels outils de conception utilisez-vous ?

Nous utilisons différentes applications reconnues sur le marché : Cadence pour la conception des cartes électroniques, Mentor Graphics associé aux outils fondeurs pour les FPGA, Pro Engineer et Catia en CAO mécanique. Le plus important est que ces outils supportent notre démarche de parallélisation. Il faut définir et mettre en œuvre de l'interopérabilité pour que chaque expertise puisse échanger ces contraintes et réciproquement. Pour cela, nous mettons en œuvre des « ateliers de conception » qui intègrent les outils et les méthodologies retenues. Le mode d'utilisation de chaque application, le type de connexion avec le système de référence du groupe et le déroulement des projets y sont parfaitement définis et encadrés.

Comment gérez-vous vos échanges de données ?

Dans chaque monde, les représentations des objets manipulés sont différentes. La mécanique assemble des représentations réelles des composants électroniques; l'électronique se préoccupe de modéliser les contraintes industrielles permettant l'assemblage du composant, contraintes pouvant être multiples pour une même composant. Au sein de nos solu-

tions, la collaboration électronique-mécanique se fait au travers du format IDF (Intermediate Data Format). Ce format couvre environ 70 % des besoins d'échange, mais il reste des aspects qu'il ne prend pas en compte. Par exemple, il ne permet pas de spécifier des définitions de cuivre sur une carte. Depuis deux ans, nous travaillons sur une utilisation étendue du format IDF, afin qu'il nous permette de partager ce type d'informations. Côté simulation, celles en lien direct avec l'électronique (propagation des signaux, gestion des plans d'alimentation...), s'intègrent un peu plus facilement. En revanche, tout ce qui concerne la compatibilité électromagnétique, la dissipation thermique, les motifs hyperfréquences est encore à améliorer. Nous travaillons actuellement à intégrer ces domaines et éviter au maximum les « ressaisies » pour garantir la prise en compte de ces contraintes très en amont.

La 3D est-elle essentielle en mécatronique ?

C'est pertinent d'avoir une représentation 3D pour faciliter la perception de la carte avec les collaborateurs pas forcément familiers avec les outils de CAO électronique. C'est également « très démonstratif » vis à vis des clients des cartes. Mais cela implique des précautions méthodologiques particulières car cela peut revenir à manipuler des quantités d'objets très importantes pénalisant fortement l'exploitation de ces assemblages 3D.

Comment assurez-vous la gestion des données mécatroniques ?

Dans ce domaine il y a plusieurs aspects. Il faut définir clairement ce qu'il faut échanger et chaque compétence (mécanique, électronique...) doit gérer ses propres données dans un PDM dédié en complément du PDM Entreprise. Il existe des PDM métiers naturels en mécanique. En électronique, l'offre outil et les méthodologies sont beaucoup moins matures. Depuis près de 20 ans nous avons développé une stratégie PDM dédié (TMDM : Thales Models Data Management) pour gérer les modèles CAO des composants électroniques, PDM connecté au système de codification TCIS (Thales Component Information System), élément clé de la démarche. Le TMDM agrège autour d'un article TCIS tous les modèles CAO, et donne « gratuitement » aux concepteurs l'ensemble des paramètres nécessaires aux étapes de conception tout en éliminant ces phases récurrentes de recherche d'une même information fiable.