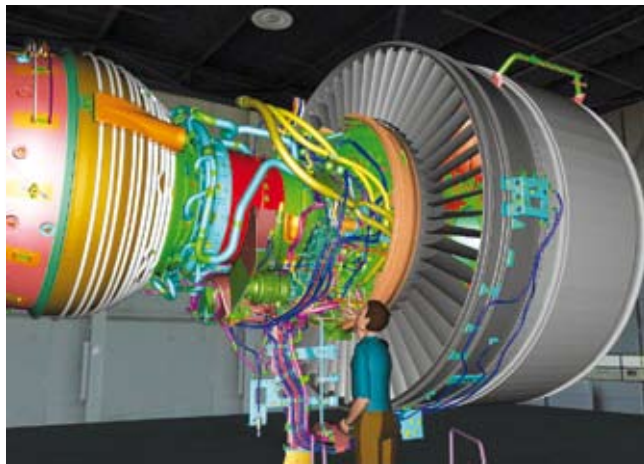


# Retour à la case production

**Les solutions de modélisation et de simulation des moyens de production ne cessent de progresser. Mais pour répondre aux besoins des industriels, les éditeurs se penchent désormais avant tout sur le lien entre l'usine virtuelle et l'usine réelle.**

En période de crise encore plus qu'en temps normal, les industriels de tous secteurs se concentrent sur des objectifs stricts : faire plus de produits avec le même moyen, réutiliser (on parle de *carry over* dans l'automobile) davantage ces moyens et réduire les montés en cadence (*ramp-up*). Quoi de mieux pour cela que de mettre au point ses procédés sur des modèles virtuels ?

Depuis une dizaine d'années, les grands constructeurs d'avions, d'automobiles ou de navires ne s'y sont pas trompés et ont exploré les voies de l'usine numérique. Dans l'automobile, chez Daimler, entre autres, les choix de fabrication, jusqu'au nombre de points de soudage à réaliser sur un véhicule, sont désormais validés à l'aide de simulations en 3D. Selon le constructeur allemand, ces méthodes permettent d'apporter plus rapidement des informations pertinentes aux services de production dès le démarrage d'un nouveau



*Chez Siemens PLM Software, les outils de Tecnomatix permettent de visualiser des scènes, pour de la préparation de maintenance, par exemple, avec une grande précision.*

projet et, surtout, d'économiser les sommes parfois importantes liées aux modifications de dernière minute en production. En aéronautique, certains moyens de fabrication et d'assemblage de l'A380 et, plus récemment, de l'A350, ont été conçus dans un monde virtuel. Et chez l'avionneur Israël Aerospace Industries, pour un nouveau jet, ce sont même simulations préliminaires de fabrication et d'assemblage qui ont dicté les choix de conception de l'appareil (lire encadré page 19).

Dans ce domaine trusté par Dassault Systèmes, avec Delmia, et Siemens PLM

Software, avec Tecnomatix, les technologies ne cessent de progresser. « Nous intégrons désormais le comportement complet des machines et des lignes », déclare Philippe Charlès, directeur général Delmia chez Dassault Systèmes. En particulier, pour les rendre encore plus fidèles à la réalité, les éditeurs intègrent dans les modèles les lois de comportement en temps réel des automates eux-mêmes. Chez DS, un travail de 4 ans a ainsi permis d'intégrer les contrôleurs de Rockwell Automation dans les modèles de Delmia. Siemens PLM Software, quant à lui, a introduit dans les modèles

de Tecnomatix les lois de comportement des automates programmables de la division A&D. L'allemand a également développé un nouvel outil qui, installé sur un terminal mobile équipé d'un récepteur Wifi « industriel », permet de faire de la reprogrammation d'un automate dans le monde virtuel et de basculer sans transition dans le monde réel, afin de contrôler en direct l'effet des modifications apportées.

## Marier conception et fabrication

Mais faire ressembler le monde virtuel le plus fidèlement possible au monde réel ne suffit pas. « Actuellement, il n'y a pas de continuité entre la définition numérique des produits et la production. Il faut pouvoir définir les instructions de production directement depuis la maquette numérique », commente Philippe Charlès. Ce que veulent les industriels, c'est en effet de bénéficier d'un lien direct entre la conception des produits et leur fabrication. Première, et principale application de ce lien, la génération automatique de gammes (d'assemblage, de fabrication, etc.) et de documents techniques d'ateliers directement à partir des géométries et des nomenclatures créés

en CAO. « Dans ce cas, virtualité ne signifie pas nécessairement représentation 3D, commente Jean-Marie Durand, directeur technique chez Siemens PLM Software France. Les solutions d'usine numérique 3D ne sont pas systématiquement un pré-requis à l'apport de productivité que recherchent les industriels. Seul les environnements complexes peuvent nécessiter des études de validation et simulation 3D ». Ainsi, Sedep, petit constructeur de lignes de préparation de commande pour l'agro-alimentaire, réalise-t-il des simulations complètes de ses lignes, sans les visualiser (lire encadré page 20).

« L'enrichissement du 3D par des informations issues du terrain permet aussi de comparer la conformité des pièces par rapport aux plans », commente Yves Coze, vice-président Ventes Europe du Sud Delmia chez DS. Cette possibilité de comparer le « as planned » et le « as built » et de faire remonter toute non-conformité en conception le plus tôt possible, est très appréciée des acteurs de l'aéro-



## IAI simule avant de concevoir

La division Appareils commerciaux d'Israël Aerospace Industries a décidé de mettre en place des outils de simulation de fabrication et d'assemblage en 1999. En 2000, l'implémentation a démarré autour d'un projet, puis s'est généralisée en 2001. Il s'en sert désormais pour réaliser des démonstrations à ses clients et concevoir les lignes de production et d'assemblage de ses nouveaux projets. Intérêt majeur : les monteurs « voient » leurs outils de travail très tôt et peuvent l'optimiser. Il y a ainsi entre 10 et 20 itérations avant qu'une ligne soit entièrement figée.

Pour son dernier projet, un jet « low cost », l'avionneur est allé plus loin. L'appareil destiné à être produit en kit dans ses usines israéliennes et monté ailleurs devait être constitué d'un minimum de pièces et, surtout, pouvoir être transporté entièrement dans des containers standards. Pour garantir le succès du projet et tenir les objectifs de coût, il fallait donc définir les concepts mêmes de l'appareil en tenant compte des méthodes de production. L'avionneur s'est alors appuyé sur plusieurs simulations de procédés de fabrication et d'assemblages, de manipulations et de stockage des principaux composants dans un container virtuel, et des simulations d'assemblage sur les sites des clients pour guider ses choix de conception. Le pari est réussi : la fabrication du Gulfstream G250 vient de débiter dans de nouvelles installations créées sur mesure.

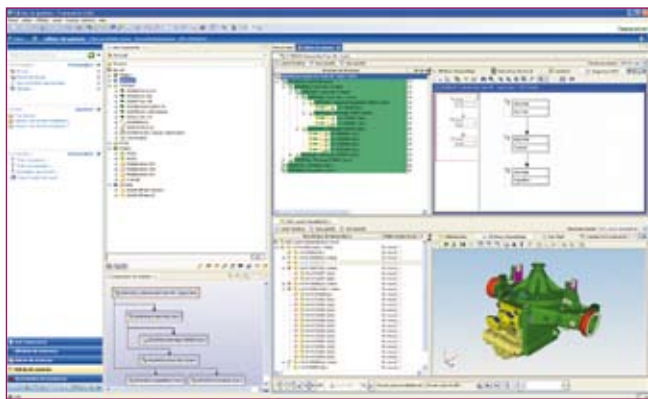
nautique, notamment. Ces technologies peuvent également tenir compte de l'effectivité des produits (les dates d'effet de chaque référence dans le process) dans la génération des gammes. Chez un grand constructeur ferroviaire, l'usine numérique, déployée progressivement depuis plusieurs mois, permettrait non seulement

la conception des gammes d'assemblages et documentations techniques associées à partir d'une maquette numérique de train, mais également de garantir une effectivité de rang, c'est-à-dire de calculer un coût de fabrication par voiture à produire...

## Un lien avec les MES

L'étape suivante consiste à créer un lien bidirectionnel entre maquette numérique et outils d'exploitation des ateliers : ERP, MES... Dassault Systèmes y travaille en partenariat avec l'éditeur de solutions de production Intercim. Ensemble, ils sont en mesure de créer une connexion de l'ingénierie avec l'atelier, mais également d'assurer un retour vers le BE, pour

effectuer des réajustements de la conception. « On boucle la boucle », résume Philippe Charlès. Chez Siemens PLM Software, dans l'automobile, en particulier, Production Manager capte et intègre les informations des ERP mais aussi des MES (compte des aléas, des pannes, des dispersions subies par les machines) et les remontent dans la base de données du virtuel. « Nous proposons également un module qualité qui récupère les données des moyens de mesure des ateliers et les stocke dans Teamcenter », explique Marc Le Goni-dec, Business consultant Manager chez Siemens PLM Software. Associés à des outils de simulation de tolérance, de tels outils sont alors capables de faire le lien entre les intervalles de



Pour Siemens PLM Software, l'usine numérique est une brique du PLM. L'édition de gammes se fait donc par le biais de Team Center, qui gère les données de la conception à la production.

## Sedep fait de la simulation sans 3D

Les deux PME Sedep et Sydel conçoivent et réalisent des lignes de préparation de commande pour l'agroalimentaire et l'industrie, qui combinent mécanique, robotique et informatique. Depuis cinq ans, Sedep utilise des solutions de simulation dont Plant Simulation de Siemens PLM Software. Parmi les motivations de la PME, « nous voulions mieux communiquer commercialement avec nos clients, optimiser nos systèmes et limiter les risques en intégrant l'ingénierie complète dans la simulation, et notamment en pouvant évaluer les conséquences des modes dégradés de certains composants robotiques, et disposer d'une base de données sur nos composants, sorte de boîte à outils nous permettant de concevoir les équipements au plus juste prix », commente Philippe Loiseau, président du directoire.

Point particulier des simulations réalisées par Sedep : elles ne font pas appel à des représentations en 3D. « Cela consomme des ressources systèmes alors que ce n'est pas forcément utile », explique Philippe Loiseau. Les résultats de simulations sont compilés sous forme de tableaux.

Pour l'heure, la simulation est réservée aux deux à trois gros projets par an de la PME (sur une trentaine). Mais elle compte bien aller plus loin. « Nous voudrions améliorer notre utilisation de la simulation en la faisant intervenir à différents stades de la conception des machines », explique le président du directoire. Autre amélioration prévue, piloter ces simulations avec le code développé pour les machines réelles, et non par une version traduite dans le monde virtuel.

tolérances de conception et les intervalles de tolérances mesurés... et donc pourquoi pas de conseiller les BE sur les jeux « raisonnables » à exiger, en fonction des capacités des moyens de fabrication. « L'usine numérique doit être une brique du PLM », explique Jean-Marie Durand. Chez Siemens PLM Software, le lien direct avec le PLM passe par une base de données commune, une « colonne vertébrale » fédérant les informations relatives aux produits mais aussi aux moyens de production. D'ailleurs, pour l'éditeur, l'interface centrale de l'usine numérique n'est autre que Teamcenter, et non un écran de vue 3D d'une usine ou d'un atelier. Et fort de cette architecture commune, l'Allemand compte bien aller bien plus loin encore dans l'intégration des deux mondes...

## Dassault Systèmes mise sur la V6

Pour Dassault Systèmes, l'avenir se conjugue avec V6, qui apportera les usines sur un plateau, au sens propre comme au figuré. En effet, avec cette nouvelle plateforme, un responsable de projet pourra visualiser l'ensemble de ses usines disposées sur un disque virtuel. Chacune sera associée à une carte d'identité en 3D dans laquelle il pourra zoomer jusqu'au niveau de détail qu'il souhaite. Avec les outils de process planning, il pourra construire ses process et ses lignes à partir de chaque pièce à réaliser, par simple copier-coller et partager ses informations avec une communauté de partenaires dans un concept d'entreprise étendue.

Selon DS, la définition de la ligne sera assurée par son fournisseur. A condition qu'il

joue le jeu. Mais si actuellement, toutes les applications Delmia ne sont pas encore disponibles en V6, l'industrie semble séduite. Daimler, par exemple, qui a adopté Delmia pour la définition de ses lignes, envisage très sérieusement d'imposer à ses fournisseurs de matériel de se conformer au format du logiciel.

## Encore des difficultés

On peut envisager encore bien d'autres applications à l'usine numérique connectée au monde réel. A commencer par des fonctions d'équilibrage dynamique de lignes, que les ERP ne savent pas gérer, la capitalisation des connaissances en termes de fabrication, la gestion d'incidents avec des modifications de process en direct, et la remontée d'indicateurs variés sur les moyens de production, générant des alertes au niveau des BE.

Mais pour aller plus loin, reste quelques points à étudier, à commencer par la quantité d'informations à gérer. Pour un avion, les millions de composants d'une maquette numérique et d'informations de productions associées risquent de représenter des volumes colossaux. En outre, « un modèle d'usine est très différent d'un



Avec Delmia V6, Dassault système augmente encore la fidélité des simulations faisant intervenir des opérateurs virtuels.

modèle de produit car il change à chaque instant », commente Dieter Spath, directeur de l'Istitut Fraunhofer IAO, à Stuttgart, qui travaille sur la coordination entre production réelle et monde virtuel avec de grands industriels locaux, dont Daimler et Festo.

Pour que le concept soit efficace, il devra tenir compte des moyens effectivement en place dans les sites et de leurs capacités. Il faudra en particulier se donner les moyens matériels et humains d'assurer un suivi précis des moyens de production et la mise à jour régulière des modèles... ■

## L'usine numérique est encore déconnectée de la colonne vertébrale du PLM

**François Dufour, consultant chez MDTvision :** « L'usine numérique n'a pas encore atteint le stade de référentiel attendu à son origine. Dans les faits, les gammes de fabrication ne sont généralement pas entièrement réalisées à partir des informations 3D. Elles mettent œuvre d'autres outils déconnectés du PLM. Cela s'explique par les priorités différentes des concepteurs des produits et de ceux qui les fabriquent. Les concepteurs visent le long terme alors que, pour l'instant, les fabricants se concentrent sur la résolution de problèmes à court terme et n'ont pas le temps de nourrir un modèle numérique à jour de leurs moyens. Ainsi, l'optimisation d'une ligne par le passage d'un prototype physique prend une semaine ; la vérification en 3D prend plus souvent un mois car il y a toujours des modifications à réintégrer dans le modèle.

Dans un premier temps, ces technologies de simulation process sont destinées à demeurer une prestation de service de spécialistes pour valider les hypothèses et à assurer une gestion documentaire à destination de la production pour un projet d'industrialisation.

Pour en réussir l'implémentation, il faut d'abord définir les besoins de l'entreprise afin d'aboutir à une définition pragmatique de l'usine numérique. Une fois le référentiel process bien établi, il est possible de le caler sur le 3D. Mais il paraît très difficile de tout axer sur le vecteur 3D. »



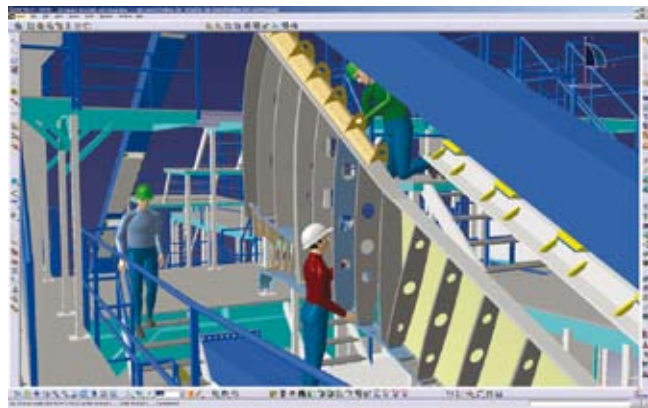
# Un projet de grande envergure à System@tic

**Le pôle de compétitivité francilien a entamé la deuxième phase de son projet Usine Numérique. Un projet ambitieux, qui vise l'expérience visuelle complète de la production en 3D.**

Le pôle de compétitivité System@tic Paris Région s'intéresse depuis sa création aux problématiques de l'Usine numérique. C'est d'ailleurs le nom d'un de ses premiers projets labellisés. Son objectif : « mettre en place l'ensemble des outils de simulation d'un système global de production et l'intégrer dans une vision 3D partagée dans le cadre de l'entreprise étendue », commente Bernard Boime, responsable du portfolio management des projets de recherche chez EADS Innovation works et coordinateur du projet. Pour y parvenir, « Nous avons établi une roadmap sur cinq ans », poursuit-il. Le projet est ainsi découpé en plusieurs phases de 18 mois chacune.

## Trois axes pour la phase 1

La première phase, dotée d'un budget de 12,5 millions d'euros, a réuni 19 partenaires, grands groupes, PME et laboratoires.



*Simulation d'assemblage de voilures en aéronautique dans Delmia V5.*

Elle comportait trois sous-projets majeurs. Le premier, Ingénierie de l'usine, consistait à décrire la structure générique des unités de production, afin de définir l'architecture générale de l'usine numérique. « Il a défini dans l'environnement Catia V5 l'ensemble des éléments nécessaires et comment ils doivent s'interfacer entre la simulation des postes et l'aspect logistique général », commente Bernard Boime.

Le deuxième, baptisé Ingénierie des procédés, s'est concentré sur la simulation des opérations métiers. Il a abouti à plusieurs démonstrateurs développés à partir de cas industriels : simu-

lation de comportement physique réaliste de faisceaux électriques lors de leur mise en place en temps réel dans des portières (en environnement immersif) pour Renault ; description complète et ordonnancement du processus de photolithographie (près de 70 postes successifs) chez Altis Semiconductors ; simulation de poste d'assemblage voilure-tronçon en 3D avec introduction de phases opératives par des humains virtuels (des mannequins programmés par objectif et qui prennent des décisions d'ordonnancement et d'interaction avec les outils et les autres opérateurs) en aéronautique...

Le dernier, Ingénierie du contrôle, traitait du contrôle non destructif (CND). « L'idée était de développer des outils de simulation des opérations de CND afin de bien préparer et former les opérateurs et apporter une aide en temps réel aux opérateurs qualifiés », explique le coordinateur du projet. Différents modèles ont été développés (ultrasons, courants de Foucault...) et intégrés dans CIVA, une solution développée par le CEA. L'objectif principal étant de visualiser dans le monde virtuel les défauts générés, afin de mieux comprendre ce qui se passe lors de certains procédés de fabrication. Dans cette thématique figurait aussi le développement d'outils de préparation de trajectoires de robots de contrôle sur pièces réelles, ainsi que les problématiques de récupérations de données issues de mesures sur des pièces réelles pour recalibrer des géométries CAO ou modifier l'ordonnancement des procédés en temps réel.

## Deuxième phase en cours

La première phase s'est terminée en juin 2007. La seconde, encore en cours,

a démarré en janvier 2008. Baptisée logiquement Usine numérique 2, elle bénéficie d'un budget de 15,3 millions d'euros et compte 22 partenaires. Cette fois, il s'agit, en s'appuyant sur l'architecture V6 de Dassault Systèmes, de « *construire les outils de gestion de données nécessaires à la mise en œuvre de grandes simulations d'usines, de mettre en œuvre le travail collaboratif entre l'usine et ses fournisseurs et gérer des vues multiéchelle, rapprocher le monde virtuel du monde réel en traitant en particulier les problématiques de temps réel et les variations réalistes des modèles, et d'intégrer dans le modèle de simulation un humain virtuel au comportement physique et cognitif le plus réaliste possible* », détaille Bernard Boime.

Côté bases de données, des scénarios ont permis de développer des outils capables de générer une gamme de fabrication et une logistique de partenariats. Chez Dassault Aviation, par exemple, ils réalisent le tronçonnement d'un fuselage d'avion avec remontée de la chaîne des fournisseurs.

Pour l'intégration virtuel-réel, les partenaires visent le développement d'un modèle le plus réaliste et précis possible, intégrant le temps réel et les variations du modèle réel (resynchronisation avec le monde réel, détection en temps réel de défaillance, intégration du contrôle non destructif

en ligne, modélisation fine des processus d'usinage et prise en compte du tolérancement). Dans ce domaine, Altis travaille en particulier sur du réordonnement de processus à chaud, Spring Technologies sur de la modélisation fine d'usinage.

Dernier thème de la phase 2 : modéliser les comportements cognitifs complexes pour reproduire fidèlement les postures, les gestes et techniques des humains dans le monde virtuel. « *Le CEA et l'Inria ont travaillé sur les modèles comportementaux des humains virtuels. Ils ont beaucoup avancé mais cela nécessite encore beaucoup de couplages entre leurs technologies et l'environnement de simulation* », commente le coordinateur du projet.

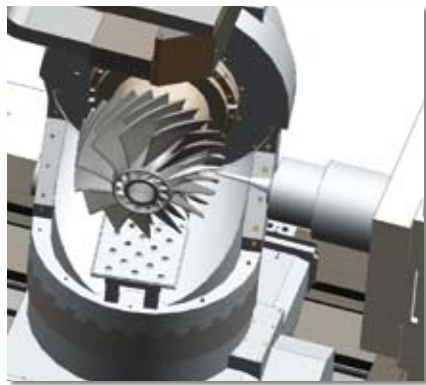
### Troisième phase en préparation

La phase 2 n'est pas encore terminée, mais les partenaires pensent déjà à la suite. Ainsi la phase trois est-elle en préparation. « *Elle consistera principalement à préparer la mise online de ces technologies afin de pouvoir déployer des services pour l'entreprise étendue au travers d'une plateforme Usine Numérique* », commente Bernard Boime. D'ici là, certaines avancées des deux premières phases seront certainement intégrées dans les produits commerciaux des partenaires, dans la V6 de Dassault Systèmes, en particulier... ■

# La simulation d'usinage se rapproche de la réalité

**Les dernières évolutions des logiciels d'usinage virtuel et les développements en cours dans ce domaine visent à aller encore plus loin dans la prise en compte des phénomènes réelles sur les machines.**

Les simulations d'usines complètes ne sont pas les seules à progresser dans le cadre de l'usine numérique. Les solutions de simulation d'usinage, en particulier, font elles aussi des progrès pour représenter plus fidèlement l'enlèvement de copeaux. D'abord,



*Pour se rapprocher des conditions réelles, Siemens PLM Software y intègre désormais le comportement des contrôleurs Sinumerik.*

les logiciels de vérification de parcours d'outils ne se contentent plus de visualiser un outil de coupe et son porte-outil flottant dans les airs. Désormais, de plus en plus de solutions permettent de simuler des parcours d'usinage en 5 axes sur des modèles de machines complexes, en tenant

compte de leur cinématique complète et de leurs limitations (déplacements sur les axes etc.). Des solutions comme TopSolid/Cam, ou Esprit, de DP Technology, par exemple, permettent de simuler des programmes sur des machines multifonctions, combinant fraisage et tournage.

Le temps des vérifications basées sur les parcours générés par la FAO, et non sur le programme réel lancé sur la machine, est aussi fini. Désormais, non seulement certaines solutions simulent du code ISO, mais elles sont même en mesure d'intégrer le comportement de la commande numérique. Chez Siemens PLM Software, « Nous embarquons dans Part Manufacturing les lois de comportement exactes des commandes numériques Siemens Sinumerik », explique Jean-Marie Durand, directeur technique chez Siemens PLM Software France. En prenant en compte le comportement réel du contrôleur de la machine, l'éditeur est donc en mesure de descendre, non pas

au programme ISO, mais jusqu'aux commandes de déplacement réelles des axes sur la machine. De quoi affiner encore un peu plus le résultat et, pourquoi pas, simuler, des macros comme celles introduites par les opérateurs directement sur leurs machines.

## Un projet ambitieux pour Spring

Dans le cadre du projet Usine Numérique 2 du pôle de compétitivité System@tic Paris Region, Spring technologies, l'éditeur de NC Simul, compte quant à lui « modéliser plus finement le processus d'usinage en tenant compte du comportement dynamique (leurs déformations sous les efforts de coupe) des pièces et des machines », annonce Gilles Battier, son président. Côté machine, Spring se focalise sur les points sensibles : la broche et l'outil.

L'éditeur travaille avec deux partenaires industriels : Dassault Aviation, pour des pièces prismatiques présentant ces voiles minces qui risquent de ne pas résister

aux forces appliquées par l'outil de coupe, et Snecma, pour des pièces de tournage qui menacent de se déformer à leur démontage sous l'effet des contraintes internes générées par l'usinage.

Pour arriver à leurs fins, les partenaires doivent coupler la simulation d'enlèvement de copeaux avec des calculs de structure. Mais le jeu en vaut la chandelle. Pour prouver sa maîtrise d'un procédé de fabrication, condition nécessaire à l'homologation, l'un des partenaires de Spring est parfois obligé d'usiner un grand nombre de pièces. « Avec ces techniques, il pourrait réduire de 30 % les pièces usinées », explique Gilles Battier. Elles pourraient aussi permettre de tenir compte des déformations d'outils fins et d'anticiper leur casse sous des efforts trop importants, grâce à la prise en compte des caractéristiques des matériaux du couple outil-matière.

Des démonstrateurs devraient être dévoilés en juin prochain, qui aboutiraient sur des produits commercialisés en 2010. Dans un deuxième temps, Spring compte inscrire cette démarche dans une notion de temps réel. ■