

[www.usinenouvelle.com](http://www.usinenouvelle.com)

# L'USINE NOUVELLE

# IT

[www.industrie-techno.com](http://www.industrie-techno.com)

INDUSTRIE &  
TECHNOLOGIES

SUPPLÉMENT AU NUMÉRO 3325 DU 4 AVRIL 2013. NE PEUT ÊTRE VENDU SÉPARÉMENT



# SIMULATION

## LA FRENCH TOUCH

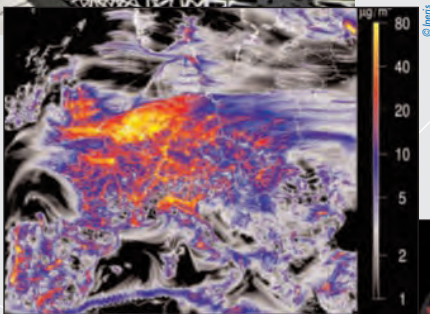
# Un tremplin pour **L'INNOVATION** industrielle

*Localisé dans le Très grand centre de calcul du CEA (TGCC), à Bruyères-le-Châtel (Essonne), le CCRT offre à ses partenaires la puissance de calcul nécessaire à leurs simulations, et les compétences des équipes du CEA dans toutes les disciplines scientifiques liées à la simulation numérique.*

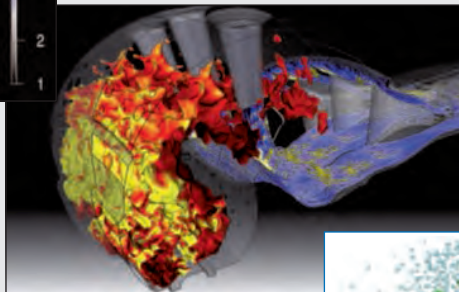


*Airain, calculateur du CCRT (200 Teraflops).*

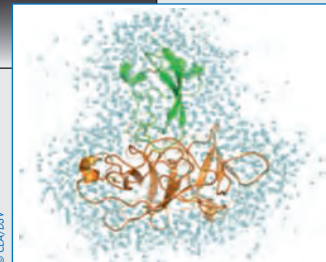
*Simulation de la qualité de l'air à très haute résolution sur l'Europe - Ineris.*



*Simulation numérique de la combustion dans un foyer de turbomoteur d'hélicoptère - Turbomeca.*



*Nouvelles approches physiques pour simuler intensivement des systèmes biochimiques.*



© CEA/DSV

© Snecma

*Simulation de la combustion ultra low émissions du moteur Snecma "Silvercrest" pour avions d'affaires - Snecma.*

## **LES PARTENAIRES ACTUELS DU CCRT :**

*Areva, EADS/Astrum, EDF, Ineris, L'Oréal, Snecma, Techspace Aero, Thalès, Turbomeca, Valéo sont partenaires du CCRT ainsi que les quatre pôles de recherche du CEA (sciences de la matière, énergie nucléaire, applications militaires et sciences du vivant).*

*Pour en savoir plus : [www-ccrt.cea.fr](http://www-ccrt.cea.fr)*

**Contact :**  
*[christine.menache@cea.fr](mailto:christine.menache@cea.fr)*

## sommaire

### TECHNOLOGIE

- Pas d'innovation sans calcul ..... ►► P.4

### ENTRETIEN

- Gérard Roucairol, le président de l'Académie des technologies et de l'association Teratec ..... ►► P.7

### CALCUL

- Une exception scientifique française ..... ►► P.8

### ESSAIMAGE

- 35 pépites made in France ..... ►► P.12

### SUCCESS-STORY

- ESI Group, start-up de 40 ans ..... ►► P.22

### PORTFOLIO

- Donner à voir le réel ..... ►► P.24

### CALCUL INTENSIF

- Une expertise collaborative fructueuse ..... ►► P.30
- Des centres ouverts aux entreprises ..... ►► P.32

### LOGICIEL À LA DEMANDE

- Le bon calcul est dans le cloud ..... ►► P.34

### MATÉRIAU

- Le casse-tête des composites ..... ►► P.38

### PLATES-FORMES

- Le multiphysique, ou comment modéliser la complexité ..... ►► P.40

### FORMATION

- Apprendre en pilotant chez Thales ..... ►► P.42

# France, terre cachée de la simulation

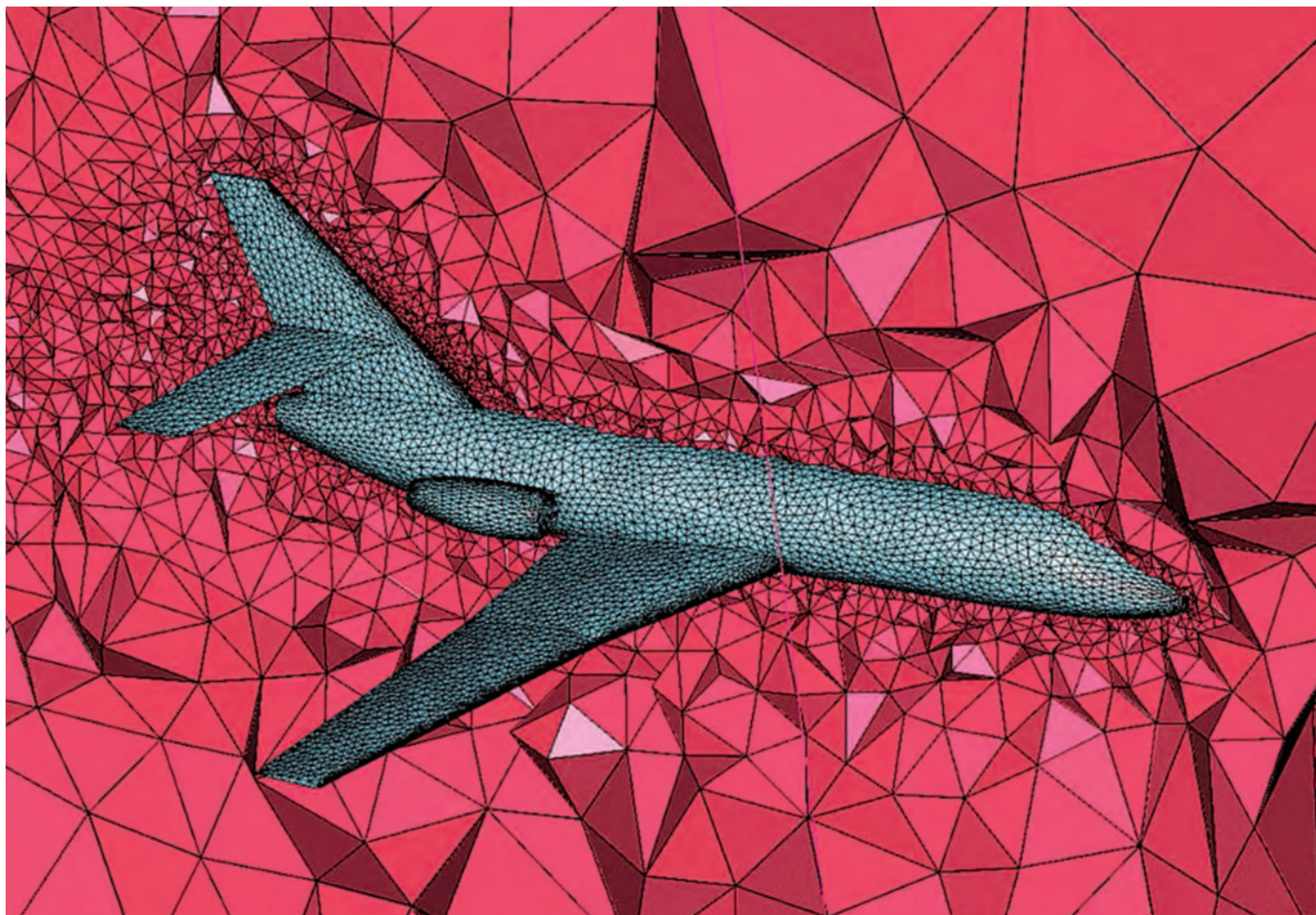
**L**e savoir-faire est certain. Reste à le faire savoir. La France est une terre de simulation numérique et de calcul à haute performance. Championne même. Mais qui le sait? Bull a construit trois des 20 supercalculateurs les plus puissants du monde, ce qui le classe numéro deux mondial en 2012 après IBM et seul européen dans ce domaine. Qui le sait? Esi Group, pépite française de 40 ans, a gardé l'agilité d'une start-up tout en devenant leader sur le marché de la simulation de crash et du prototypage virtuel. Qui le sait? CGG (ex-CGG Veritas) aligne une puissance de calcul de 12 petaflops pour traiter les données d'exploration des réserves d'hydrocarbure de nos sous-sols avec des algorithmes maison. Qui le sait? Il existe au moins neuf centres de calcul ouverts aux PME et l'État français investit, avec Bull ou via le nouvel Institut de recherche technologique SystemX, dans de nouveaux outils de calcul à la demande. Qui le sait? Bien avant l'heure de l'open innovation et des pôles de compétitivité, des industriels français s'étaient déjà associés à des chercheurs publics pour développer un logiciel open source de calcul numérique, Scilab, pour prendre leur indépendance vis-à-vis des outils propriétaire américains. Toujours à la pointe, nos incroyables chercheurs français se sont aussi dotés d'une grille de calcul de plus de 8 000 cœurs, Grid 5000, unique au monde, pour tester des innovations en calcul parallèle distribué. En toute discrétion, il est vrai. Et c'est toujours sans fanfaronner que laboratoires de recherche publics et académiques essaient tous les ans de prometteuses pépites de la simulation dans tous les domaines: santé, environnement, transport, énergie et calcul bien sûr. Qui le sait? Nous. Et vous, qui allez lire ce numéro spécial consacré à la simulation made in France, concocté grâce à l'expertise des journalistes de la rédaction de «L'Usine Nouvelle» et d'«Industrie et Technologies». Ne gardez pas l'information pour vous. Faites tourner ce numéro sans modération. C'est le meilleur moyen d'aider nos trop discrets experts à faire savoir leur savoir-faire. ■



AURÉLIE BARBAUX

**Laboratoires publics et académiques essaient tous les ans des pépites dans tous les domaines.**

Président-directeur général: Christophe Czajka  
 Directeur général délégué: Julien Elmaleh  
 Directeur de la rédaction: Thibaut De Jaeger  
 Coordinatrice éditoriale: Aurélie Barbaux  
 Premier secrétaire de rédaction: Guillaume Dessaix  
 Direction artistique: Eudes Bulard  
 Ont participé à ce numéro: Dorothee Coelho (secrétariat de rédaction); Carol Müller (maquette)  
 Supplément de «L'Usine Nouvelle» n° 3325 du 4 avril 2013 (commission paritaire n° 0712T81903)  
 Ne peut être vendu séparément.  
 Une publication du groupe Gisi, Antony Parc II - 10 place du Général-de-Gaulle - BP 20156 - 92186 Antony Cedex.  
 Directeur de publication: Christophe Czajka  
 Impression: Roto France Impression 77185 Lognes  
 Photo de couverture: CNRS



Calcul en mécanique des fluides compressibles d'un avion (Inria).

## Technologie

# PAS D'INNOVATION SANS CALCUL

Les logiciels de simulation complètent de façon indispensable les outils de conception. Tout se simule, que ce soit pour optimiser la performance, prévoir la longévité ou favoriser l'innovation.

PAR PATRICE DESMEDT

**T**out devient possible. « On peut tout simuler, dans toutes les industries », assène Patrice Gommy, directeur marketing Europe du Sud de SGI. Ce fabricant d'ordinateurs vend ses supercalculateurs aux plus gros utilisateurs de logiciels de simulation. « Les premiers utilisateurs, comme l'automobile, l'aéronautique, le nucléaire ou la recherche, ont été rejoints par le biomédical ou les nanotechnologies... » On sait simuler entièrement un avion, jusqu'à son comportement en vol. Mais la simulation se niche aussi là où on ne l'attend pas. Chez Procter&Gamble, par exemple, pour mettre au point ses chips Pringles. Chez les fabricants d'électroménager, pour vérifier la stabilité d'un robot en fonctionnement ou la sécurité d'une friteuse électrique remplie d'huile brûlante. Ou encore chez un équipementier sportif, pour suivre le comportement d'une chaussure de sport.

« La simulation est entrée dans une nouvelle ère, ajoute Alexis Lapouille, le responsable calculs d'Aero Concept Engineering (ACE). Si, au début, beaucoup la regardaient avec prudence, sinon défiance en la réservant à la recherche, elle est aujourd'hui largement utilisée dans l'industrie, et

en premier lieu pour des études dissociées. On se dirige même vers des simulations multiphysiques. » Pragmatique, l'industrie y voit un gain de temps dans la mise au point des produits. « On l'associe souvent à un outil qui sert à savoir si une pièce va casser ou non, remarque Delphine Genouvrier, la responsable produit simulation chez SolidWorks. Dans la réalité, peu de produits cassent. Le premier besoin, c'est l'aide à l'innovation. »

Trois facteurs poussent à son utilisation. Tout d'abord, lorsqu'il y a une obligation de réussite du produit (aéronautique, nucléaire, médical). Ensuite, pour valider le respect de normes, que ce soit pour vérifier la non-distorsion d'une prothèse auditive ou la résistance d'un silo à grains. Enfin, pour obtenir des gains de masse et pour réduire les temps de développement. Les constructeurs automobiles cherchent à lutter contre l'embonpoint pris par leurs modèles au fil des années, et à réduire la consommation. Une diminution de poids qui doit aller de pair avec une résistance au moins égale aux chocs. Les téléphones mobiles doivent, eux, résister aux chutes et les revêtements des sièges des transports en commun aux déchirures volontaires et aux tags.

### Fini le bureau de calcul

Pour travailler, les ingénieurs ne manquent pas d'outils, avec une panoplie de produits spécialisés : Fluent d'Ansys, Flowmaster distribué par EnginSoft, PAM-Crash et VA One d'ESI Group, Simulink de MathWorks, Nastran de MSC Software, NCSimul de Spring Technologies... Mais les logiciels de conception assistée par ordinateur (CAO) généralistes intègrent, eux aussi, des modules adaptés. C'est le cas de Catia et SolidWorks de Dassault Systèmes, NX de Siemens PLM, Inventor d'Autodesk, Creo de PTC, TopSolid de Missler... Autodesk pousse à la démocratisation avec Simulation 360, accessible en mode cloud avec un paiement à l'usage et une interface intégrant un accès simplifié. Le très répandu SolidWorks s'est lui aussi entouré de différents modules. « L'intégration de la simulation dans l'outil de CAO lui-même facilite l'innovation, remarque Delphine Genouvrier. Le concepteur d'un produit peut lancer facilement des simulations depuis son outil de CAO. Il n'y a plus besoin d'utiliser un produit extérieur qui exige de réaliser une traduction, synonyme de perte de temps et de risque de perte d'informations. Nous croyons que la simulation doit être dans le bureau d'études, et non pas dans un bureau d'ingénieurs à côté. »

L'efficacité des logiciels est dopée par l'augmentation vertigineuse des performances des ordinateurs, encore accélérée ces dernières années par l'utilisation des cartes graphiques, dites GPU, comme calculateurs. Silkan, né de la fusion des deux start-up HPC Project et Arion Entreprise, propose ainsi, sous la forme d'un boîtier incluant matériel et logiciel, une solution pour accélérer les calculs. Cette amélioration des performances a cependant déplacé les problèmes. Concernant la puissance de calcul, le débat ne porte plus sur la durée (une nuit, une heure...), mais plutôt sur la multiplication des simulations qu'il est désormais possible de réaliser. Il faut ensuite analyser et utiliser à bon escient cette avalanche de résultats.



## MARCHÉ PORTEUR

### LOGICIELS ET SERVICES

#### Marché mondial de la simulation



3,5 milliards de dollars  
Marché mondial

0,4 milliard de dollars  
Marché français

+ 14 % par an sur les cinq prochaines années

#### 13 éditeurs principaux

Altair Engineering; Ansys; Autodesk; CD-adapco; Comsol; Dassault Systèmes; ESI Group; LMS International; MathWorks; MSC Software; PTC; Samtech; Siemens PLM Software

### CALCUL INTENSIF

3,676 petaflops de puissance crête cumulée des cinq machines du Grand équipement national de calcul intensif (État, CEA, CNRS)

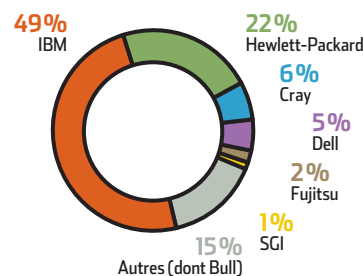
#### Marché des supercalculateurs dans le monde

(en milliards de dollars)



#### Répartition du marché

par constructeur au premier semestre 2012



#### Marché global en Europe

4,5 milliards d'euros de chiffre d'affaires dans le HPC en 2012 \*

350 millions d'euros pour les services HPC dans le cloud en 2015 \*

### FORMATION

#### Marché de l'entraînement virtuel militaire

9,03 milliards de dollars

#### Marché de l'entraînement virtuel pour l'aviation civile

3,2 milliards de dollars

### RECHERCHE

500 millions d'euros de **financement européen** du projet Humain brain de simulation du cerveau sur dix ans

→ Aujourd'hui, les logiciels travaillent sur des géométries de plus en plus précises et les modifications d'un modèle sont réalisées facilement. « Dans les années 1990, il fallait reprendre le modèle, revenir sur le maillage et tout vérifier, se souvient Hugues Drion, le responsable de la division manufacturing d'Autodesk France. Seuls les grands industriels utilisaient la simulation. Aujourd'hui, elle est largement répandue et dans un usage de plus en plus prédictif. »

## Trop de résultats ?

Une nouvelle difficulté a surgi, celle de l'accès aux informations, d'où le besoin de logiciels de traitement des résultats. Les fabricants d'automobiles travaillent sur des éléments complets et ont recours à des logiciels utilisant une approche stochastique (c'est-à-dire fondée sur l'aléatoire) pour l'analyse des résultats, la visualisation étant rendue impossible par leur trop grand nombre. Les avionneurs, de leur côté, ont opté avec leurs sous-traitants pour une simplification du problème en le décomposant en de nombreux éléments plus simples. Et, partout, l'homme a son rôle à jouer pour discerner les

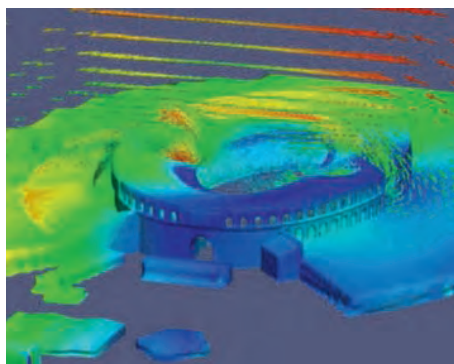
fausses pistes. « Si l'on veut optimiser une structure, explique Yves Biret, responsable de la conception produits et calculs chez SDEI Ouest, une société d'études et d'ingénierie, il faut comprendre les phénomènes physiques. Le logiciel n'est pas une boîte noire qui fait ce qu'elle veut. La simulation est très puissante, mais on peut s'y noyer. »

Enfin, la simulation ne prétend pas à l'exactitude. « Elle n'est pas sûre, affirme Patrice Gommy. Mais la science n'est pas sûre. De nombreux bureaux d'études demandent si elle est exacte. Ce débat ne doit pas avoir lieu. » Pour Alexis Lapouille, « la simulation numérique reste des mathématiques. C'est une approximation de ce que pourrait être la réalité que l'on obtient en posant des conditions simplificatrices. L'ingénieur qui a conçu le code de simulation a un impact sur la qualité du résultat. Dans le domaine de l'aérodynamisme, le juge de paix demeure la soufflerie ». Yves Biret se montre encore plus abrupt : « Il ne faut jamais faire confiance au logiciel les yeux fermés, mais analyser la cohérence du résultat. Un logiciel applique très bien les bêtises. » Une bonne nouvelle : la machine a encore besoin de l'homme. ■

## QUAND LA SIMULATION SE REND INDISPENSABLE

### COMME DANS LA ROME ANTIQUE

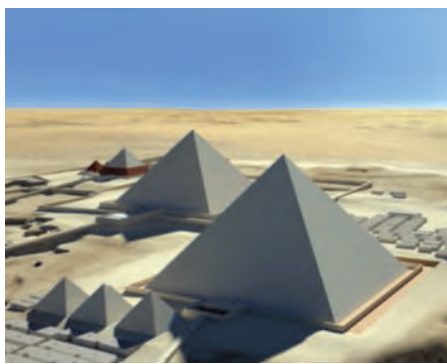
LE VELUM DU PUY-DU-FOU



Pour protéger les spectateurs du soleil, le directeur du grand parc du Puy-du-Fou a imaginé un velum semblable à celui des arènes de la Rome antique. Il a été élaboré par la société d'études et d'ingénierie SDEI, à l'aide du logiciel de CAO SolidWorks de Dassault Systèmes, qui a également servi à la simulation. La résistance au vent a été réalisée, elle, par Meteodyn, éditeur et bureau d'études. Pour corser la conception, SDEI devait prendre en compte l'existant et respecter les règles de sécurité propres à un équipement destiné à accueillir du public sur un velum totalement inédit. Sans les outils de simulation, Yves Biret, le responsable produits et calculs de SDEI Ouest, n'aurait pas convaincu l'organisme de contrôle de la validité du système. ■

### LE MYSTÈRE DE LA CONSTRUCTION

LA PYRAMIDE DE KHEOPS



Comment les Égyptiens ont-ils construit les pyramides ? La question a donné lieu à nombre de réponses plus ou moins farfelues, qui se heurtaient toujours à une impossibilité. L'architecte Jean-Pierre Houdin a imaginé une solution dont l'élément novateur repose sur une rampe intérieure. Pour valider son hypothèse, il a modélisé le chantier à l'aide des outils de simulation de Dassault Systèmes. Caractéristiques physiques des matériaux, effet du poids de la pyramide sur elle-même, mais aussi modélisation des systèmes mécaniques utilisés pour la construction. Grâce aux outils informatiques, il a pu prouver que sa théorie était la bonne. La construction de la Grande Pyramide n'est plus un mystère. ■

### L'AÉRODYNAMISME AU TOP

LES CHIPS PRINGLES



Les chips Pringles sont des filles de la simulation numérique, à plusieurs titres. Leur forme complexe de parabolioïde hyperbolique participe à leur pouvoir d'attraction, tout en leur évitant de se casser dans leur boîte. La mise au point de cette forme idéale a demandé des milliers de calculs et a été modifiée après les premiers essais de fabrication. Comme elles s'envolaient sur la chaîne de fabrication, leur aérodynamisme a été revu. Leur épaisseur a également été optimisée par simulation. Procter & Gamble les voulait les plus fines possible, mais pouvant résister à l'ajout de sel sans qu'elles ne se boursouflent. Au final, l'industriel réussit à optimiser sa production tout en flattant les sens du consommateur. ■

## Entretien

# « LA SIMULATION EST UN FACTEUR DE COMPÉTITIVITÉ »

Pour **Gérard Roucairol**, le président de l'Académie des technologies et de l'association Teratec, la simulation est un élément clé de l'innovation. C'est en associant, par le numérique, la conception et la fabrication que l'industrie pourra relocaliser.

PROPOS RECUEILLIS PAR THIBAUT DE JAEGER ET PATRICE DESMEDT



### D'où vient ce talent français pour la simulation ?

L'origine de cet intérêt vient d'un certain nombre d'hommes issus de l'école française de mathématiques appliquées, fondée par Jacques Lions, autour notamment de la méthode dite des éléments finis. Leurs recherches étaient très portées sur les applications, en particulier la mécanique des fluides. Ce mouvement a été repris par les ingénieurs qui ont, eux, réalisé des transferts très importants vers l'industrie.

### Quelle place tient la simulation dans l'industrie justement ?

On assiste à une grande diversification des usages de la simulation. Au-delà de l'aéronautique ou de l'automobile, on s'en sert de plus en plus dans la santé, le multimédia mais aussi dans le domaine des big data, avec une approche différente de la simulation, tirée par les données. On travaille alors par apprentissage en faisant de la modélisation statistique sur des processus que l'on ne connaît pas bien, des processus pas nécessairement finis comme les comportements humains. Cette diversification des usages entraîne une diversification des acteurs. Et, dans cette nouvelle vague, on trouve de plus petites entreprises. Mais ce n'est pas parce que vous êtes petit que vous avez de petits problèmes à résoudre.

### Comment ces petites structures peuvent-elles avoir accès aux puissances de calcul qu'exige la simulation ?

La solution, c'est la mutualisation. Nous sommes entrés dans une ère où la puissance des machines se fait par accumulation de ressources. Le cloud entre dans cette dynamique.



**La simulation devient un outil clé dans l'innovation. Si l'on veut relocaliser les usines en France, il est fondamental d'intégrer la conception et la fabrication par le numérique.**

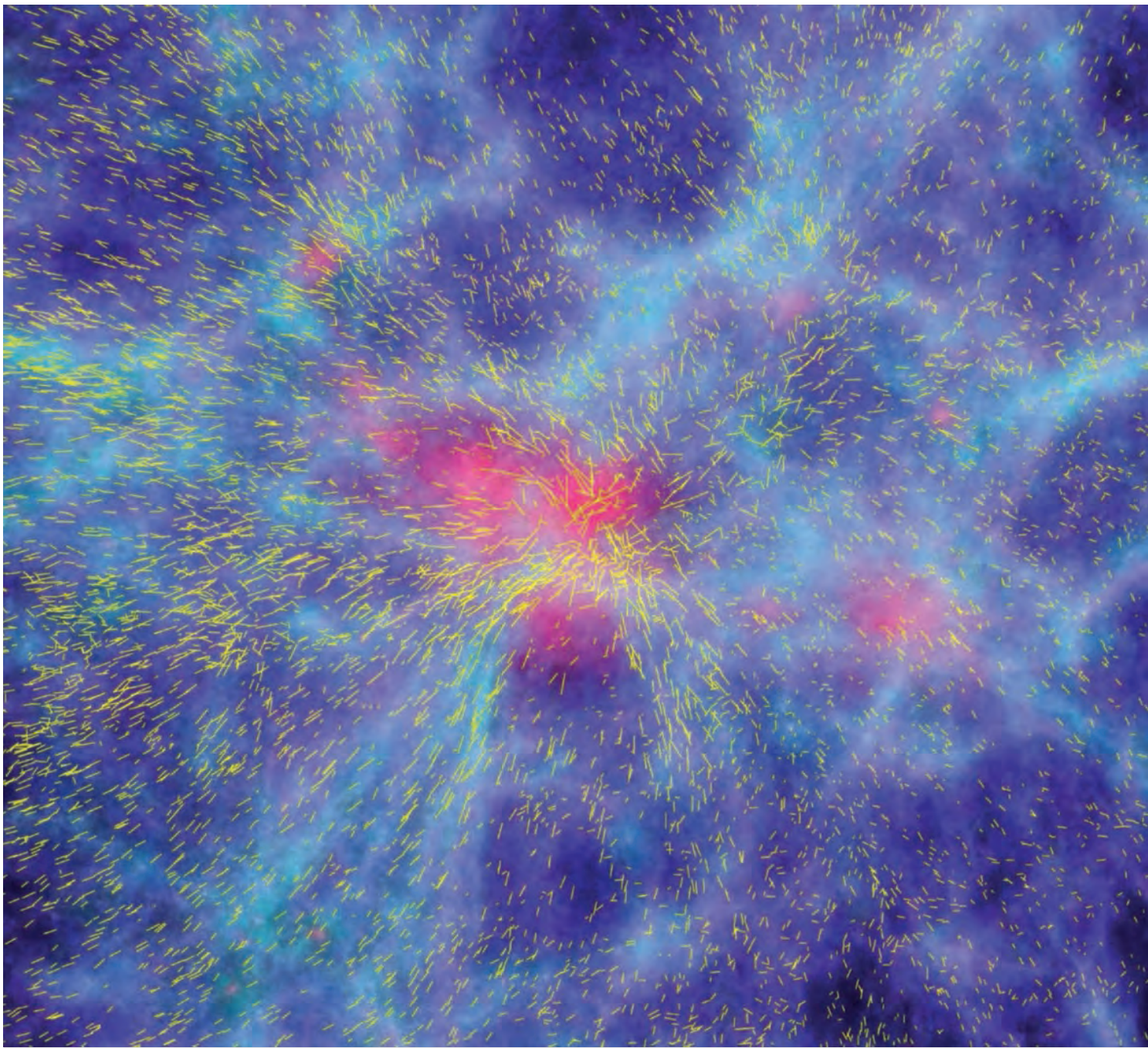
Et comme on a standardisé les accès à distance, on peut offrir cette solution à un large marché et donc changer de business model, avec un paiement à l'usage. Des petites entreprises peuvent ainsi accéder à une grande puissance de calcul. Le problème qui se pose alors est celui des compétences. C'est là que se situe l'enjeu.

### La simulation française peut-elle devenir demain une filière industrielle qui compte dans notre pays ?

La simulation devient un outil clé dans l'innovation et dans le jeu de la concurrence car elle permet un raccourcissement des cycles de conception. C'est donc un élément de compétitivité majeur. C'est dans le cycle de conception que l'on va faire de la valeur ajoutée. Si l'on veut relocaliser les usines en France, il est fondamental d'intégrer la conception et la fabrication par le numérique. Et même si nous sommes dans une période de rupture au niveau des architectures machine, les industriels utilisateurs ne doivent pas attendre que les nouvelles machines soient adoptées par d'autres pour se lancer. Les Français doivent s'y adapter dès aujourd'hui même si les nouvelles architectures obligent à revoir tous les codes des programmes. C'est l'un de nos enjeux en France. Notre chance, c'est que nous ne sommes pas trop mal placés car nous avons un constructeur sur place, Bull et des start-up comme Kalray, spin-off de STMicroelectronics et du CEA, qui travaillent sur ces sujets. Kalray vient de terminer un processeur de 256 cœurs pour l'informatique embarquée.

### Si vous aviez un appel à faire à toutes les PME industrielles françaises, quel serait-il ?

On ne peut plus dissocier la chaîne globale d'intégration de la conception et de la fabrication. Cela me paraît fondamental. Il faut rejouer cette intégration avec la maquette numérique et les outils de simulation. Les industriels doivent réussir à la fois à renforcer l'intégration dans la chaîne de valeur et à moderniser leurs équipements. ■



CNRS

**Calcul**

# **UNE EXCEPTION SCIENTIFIQUE FRANÇAISE**

---

Les futurs supercalculateurs ouvrent des possibilités inédites pour la simulation. Mais obligent à repenser les modèles. Les chercheurs français y excellent.

PAR THIERRY LUCAS



Cet échantillon de 100 millions d'années-lumière illustre la formation des grandes structures de l'univers (CNRS).

**U**n million de milliards d'instructions par seconde... et mille fois plus en 2018! La puissance des superordinateurs permet de tout simuler, ou presque, du flux sanguin jusqu'au fonctionnement de l'arme nucléaire. Et même la structuration de l'Univers, du big bang à nos jours, comme le tente une équipe du Laboratoire univers et théories (Luth) de l'Observatoire de Paris, du CNRS et de l'université Paris-Diderot. Cette unité de recherche utilise pour cela le supercalculateur Curie (2 petaflops), installé à Bruyères-le-Châtel (Essonne) dans les locaux du Commissariat à l'énergie atomique (CEA). Mais pour faire tourner ces superordinateurs, il faut des modèles mathématiques capables de simuler les phénomènes que l'on veut explorer, mais aussi des logiciels qui savent utiliser au mieux les ressources des machines. Deux vastes domaines pour la recherche, car la puissance sans cesse croissante des calculateurs ouvre de nouveaux champs d'application à la simulation. Cela exige des logiciels pouvant être exécutés sur des dizaines de milliers de processeurs en parallèle.

### Multi-échelle et parallélisme massif

À la base de la simulation numérique, on trouve les équations qui décrivent le phénomène à simuler et les méthodes pour les résoudre. «La recherche française reste bien placée en mathématiques appliquées, comme en témoignent, par exemple, les médailles Fields attribuées à Cédric Villani (2010) et à Pierre-Louis Lions (1994)», affirme Grégoire Allaire, professeur de mathématiques appliquées à l'École polytechnique. Les mathématiciens constituent d'ailleurs une part importante du recrutement d'Inria, Inventeurs du monde numérique. «Les équipes qui se consacrent à la simulation réunissent des mathématiciens et des informaticiens, qui sont aussi tournés vers les applications», explique Jean Roman, le directeur scientifique adjoint chargé du domaine mathématiques appliquées, calcul et simulation.

La mécanique des structures, dans l'automobile et l'aéronautique, est depuis longtemps fortement consommatrice de simulation. Mais cette discipline «traditionnelle» reste un sujet de recherche. Ainsi, l'optimisation est en plein développement. Il ne s'agit plus de réaliser un calcul pour vérifier que la pièce conçue remplit le cahier des charges, mais d'en effectuer des dizaines, itérativement, afin de sortir la meilleure forme possible. Les travaux

de Grégoire Allaire, spécialiste de l'optimisation des formes, ont ainsi débouché sur un projet associant EADS, Renault et l'éditeur de logiciels ESI Group, afin de développer un outil d'optimisation des structures.

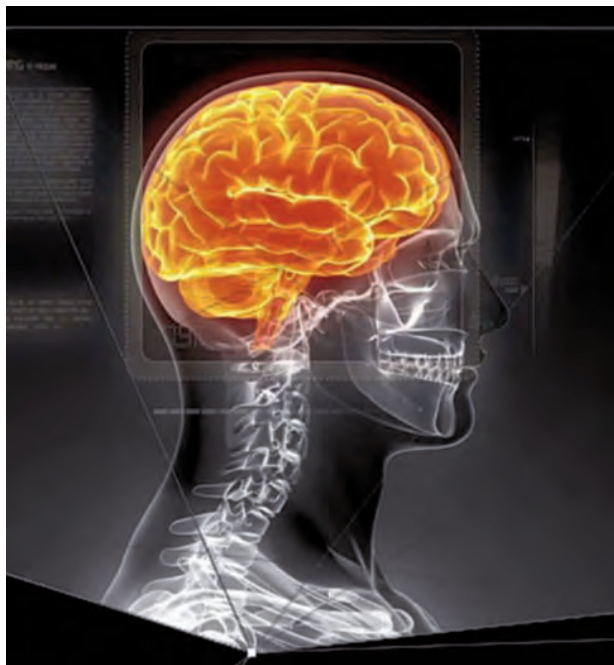
De l'élucidation du fonctionnement du cerveau au stockage des déchets nucléaires, des nanomatériaux au futur réacteur de fusion Iter, la simulation fait partie des grands projets de recherche actuels. Dans tous ces domaines, les spécialistes de la simulation doivent relever un défi qui tient en un mot : multi-échelle. En effet, différents modèles permettaient, jusqu'ici, de simuler ce qui se passe à différentes échelles (microscopique ou macroscopique), celle d'un neurone individuel ou d'une fonction cognitive, par exemple. L'objectif est maintenant de coupler ces modèles. Ainsi, les propriétés des matériaux poreux (ciment, schiste...), ne peuvent être comprises qu'avec une approche multi-échelle. Un laboratoire international mixte, créé en 2012 par le CNRS et le MIT, planche sur le sujet. Le même type de problème se pose pour l'étude du stockage de déchets nucléaires en sous-sol. Mais ici, les multiples échelles à prendre en compte intègrent aussi le facteur temps : un phénomène microscopique peut avoir une incidence à plus grande échelle si l'on raisonne sur des milliers d'années. En France, le groupement de recherche MoMaS (Modélisations mathématiques et simulations numériques liées aux problèmes de gestion des déchets nucléaires) y travaille depuis une dizaine d'années.

Autre point clé de la simulation : le parallélisme. «Ce n'est plus un choix, c'est devenu une obligation», souligne Victor Alessandrini, l'un des responsables de la Maison de la simulation, un laboratoire commun (CEA, CNRS, Inria, université d'Orsay, université de Versailles-Saint-Quentin-en-Yvelines) qui aide les chercheurs à tirer profit des supercalculateurs. Pour les machines du futur, il faudra des logiciels s'accommodant des pannes, statistiquement inévitables sur des millions de processeurs. «Le parallélisme massif remet en cause l'algorithmique et les méthodes numériques», affirme Jean Roman. Un laboratoire partagé entre Inria et l'université de l'Illinois, aux États-Unis, se consacre depuis 2009 à ces problèmes. Exploiter au mieux les architectures

parallèles permettra d'effectuer des simulations multi-échelles et multi-physiques jusqu'ici impossibles... et produira des quantités de données tout aussi inédites, qu'il faudra gérer et traiter. La science fait, elle aussi, son entrée dans l'ère du big data. ■

**« La recherche française reste bien placée dans le domaine des mathématiques appliquées. »**

Grégoire Allaire, professeur à l'École polytechnique



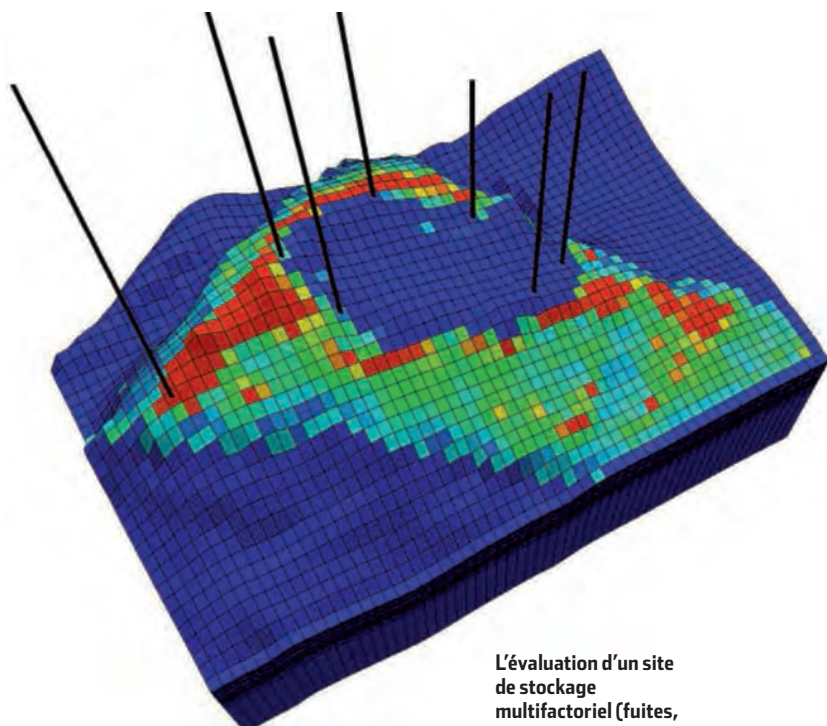
La modélisation tente de percer les secrets des neurones.

## HUMAN BRAIN PROJECT COMPRENDRE LE CERVEAU HUMAIN

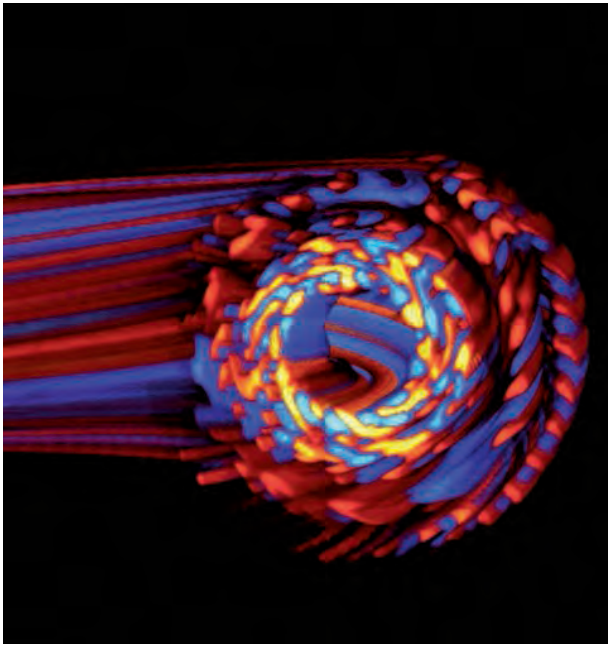
**D**e 2013 à 2023, au sein du projet européen Human Brain, plus de 80 instituts de recherche tenteront d'élucider le fonctionnement du cerveau humain. Piloté par l'EPFL, l'École polytechnique de Suisse, ce projet devrait bénéficier d'un budget de 1 milliard d'euros. «La simulation, désormais omniprésente dans les neurosciences, est une part très importante de Human Brain», affirme Alain Destexhe, qui dirige une équipe de neurosciences computationnelles au CNRS. Plusieurs types de modélisation du cerveau seront mis en œuvre. La simulation détaillée d'ensembles de neurones, chacun étant modélisé avec sa morphologie et sa physiologie précises, sera réalisée par l'EPFL dans la lignée de son projet propre, Blue Brain. C'est la partie la plus exigeante en puissance de calcul et en capacité de mémoire, réalisée au grand centre de calcul allemand de Jülich. D'autres équipes simuleront des neurones simplifiés, mais à plus grande échelle. Les équipes françaises du projet se focaliseront, elles, sur la simulation de certaines zones du cerveau, comme le cortex visuel. «Notre approche est plus physiologique, avec des modèles qui mixent résultats d'expérimentations et théorie», précise Alain Destexhe. Une approche mixte sera également utilisée à NeuroSpin, le centre de recherche sur l'imagerie du cerveau du CEA, pour étudier les fonctions cognitives (prise de décision, navigation spatiale...). Enfin, les quantités énormes de données engendrées par le projet, issues de l'expérimentation comme de la simulation, vont demander le développement d'outils permettant de gérer d'immenses bases de données et de les consulter. ■ T.L.

## STOCKAGE GÉOLOGIQUE DU CO<sub>2</sub> SE PROJETER À 1000 ANS

**M**odéliser le sous-sol, les spécialistes de l'exploration et de la production de gaz et de pétrole savent le faire. Mais les projets de stockage géologique de CO<sub>2</sub> – afin d'éviter de rejeter dans l'atmosphère ce gaz à effet de serre – posent des problèmes spécifiques. «Les modèles doivent être prédictifs, car il faut estimer l'évolution d'un réservoir de stockage sur une période qui peut atteindre mille ans», explique Frédéric Roggero, spécialiste de la simulation à l'IFP Énergies nouvelles (Ifpen). Plusieurs échelles de temps sont prises en compte : les quelques dizaines d'années d'injection de gaz carbonique dans le sous-sol, l'évolution du site après sa fermeture et l'intégrité de sa couverture (la garantie contre les fuites). Le stockage géologique cumule toutes les difficultés en simulation. Le système est aussi multi-échelles dans l'espace, car il faut mimer le réservoir et son impact éventuel sur l'environnement, jusqu'à plusieurs centaines de kilomètres. Par ailleurs, la simulation doit coupler des phénomènes hydrodynamiques (l'écoulement du gaz), chimiques (la réaction du gaz au contact des roches) et géomécaniques (l'évolution des propriétés des roches). Enfin, une approche statistique permet de tester les conséquences d'événements imprévus. Des modèles fonctionnent, enrichis par des expérimentations en laboratoire, et ont pu être validés sur des sites de stockage, comme celui de Sleipner en Norvège. À l'Ifpen, la parallélisation des codes est en cours afin de les adapter aux ordinateurs qui permettront d'utiliser ces modèles intensivement... quand l'industrialisation du stockage du CO<sub>2</sub> aura pris son essor. ■ T.L.



L'évaluation d'un site de stockage multifactoriel (fuites, nature des sous-sols...).



Ces structures turbulentes dans un plasma ont été réalisées pour la conception d'Iter.

## LE RÉACTEUR À FUSION NUCLÉAIRE ITER MODÉLISER LE JAMAIS VU

**E**n 2020, le prototype Iter de réacteur de fusion nucléaire, en cours de construction à Cadarache (Bouches-du-Rhône), devrait fabriquer son premier plasma. Un mélange d'ions et d'électrons à très haute température, confiné par des champs magnétiques. Pour comprendre et contrôler ce qui va se passer, la simulation numérique joue un rôle décisif. Avec un défi à relever: inventer des modèles mathématiques et des méthodes numériques... qui ne pourront être exécutés que sur les superordinateurs disponibles en 2018! Les chercheurs s'y attellent depuis des années, notamment en France avec l'équipe qui développe le logiciel Gysela (CEA, Inria, universités), qui doit simuler le plasma au centre du réacteur. «On travaille pour l'exascale», indique Virginie Grandgirard du CEA, faisant allusion aux ordinateurs qui atteindront l'exaflops, c'est-à-dire 1 000 fois la puissance des plus grosses machines actuelles. Ce qui suppose de faire tourner le programme sur des dizaines de milliers de cœurs de processeurs (un test partiel sur 65 000 cœurs a été réalisé en 2012 sur l'ordinateur Curie du CEA). Mais diviser le travail en limitant les échanges entre processeurs reste un casse-tête. En outre, il faudra gérer et transmettre les téraoctets de données générés par chaque simulation. Les Français comparent leurs résultats à ceux des équipes européennes (à l'EPFL et au Max Planck Institute). Et planchent sur un programme censé reproduire le plasma à proximité des parois du réacteur. Des calculs moins complexes, mais difficiles à paralléliser. Ensuite, il faudra coupler les deux programmes pour simuler l'ensemble... ■ T.L.

## « Retour à l'expérimental quand le numérique atteint ses limites »



**PATRICK WAGNER**, directeur des grands moyens techniques à l'Onera

**L'Office national d'études et de recherches aérospatiales (Onera) exploite intensivement la simulation numérique, mais a toujours recours à la simulation expérimentale. Pourquoi ?**

Ces deux outils sont complémentaires. La simulation numérique atteint ses limites quand le phénomène physique à modéliser peut difficilement être mis en équation. Typiquement, dans certains domaines de la mécanique des fluides, où il s'agit d'étudier des écoulements turbulents ou supersoniques sur le bord d'une aile, les équations sont très complexes et les mathématiciens ont du mal à les résoudre. Même si les codes numériques se perfectionnent, il faudrait une puissance de calcul extraordinaire pour traiter cette complexité.

**L'ordinateur ne va donc pas tuer la simulation expérimentale ?**

Loin de là. Ainsi, les États-Unis, qui avaient pris le virage du tout-numérique, réinvestissent dans des souffleries: ces grandes installations qui permettent d'étudier l'écoulement de l'air autour d'une maquette d'aéronef. La simulation expérimentale n'est toutefois pas sans défi. D'une part, il faut s'assurer que l'expérience reproduise fidèlement les futures conditions de vol. D'autre part, pour son exploitation, il faut progresser sur la métrologie, en développant de nouveaux capteurs, et mieux prendre en compte les biais liés à l'environnement de mesure.

**Quel est l'avenir de la simulation ?**

Il passe forcément par l'usage combiné et renforcé de ces types de simulation. Elles se fertilisent l'une l'autre. Dans le cas de l'étude des moteurs à hélices contrarotatives menée par l'Onera, les résultats des simulations expérimentales enrichissent les codes numériques. Sans cette hybridation, il sera difficile de mettre au point des technologies de rupture. ■ PROPOS RECUEILLIS PAR HASSAN MEDDAH

## DISTRIBUTION À LA POINTE

Avec Grid 5000, une grille informatique de plus de 8 000 cœurs, les chercheurs français expérimentent des solutions de calcul innovantes.

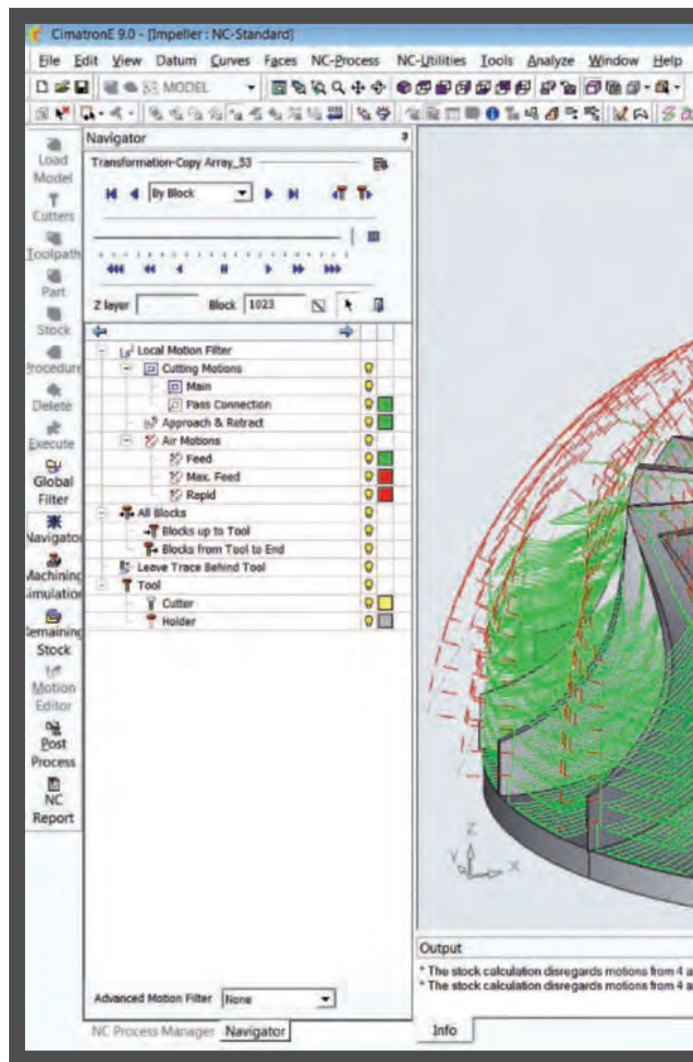
PAR THIERRY LUCAS

**P**lus de 8 000 cœurs de processeurs répartis sur dix sites couvrant toute la France... Avec cette grille d'ordinateurs, constituée de grappes de PC reliés par le réseau Renater (1 Gbit/s), les chercheurs français ont à leur disposition un instrument quasi unique au monde pour tester des innovations en calcul parallèle distribué. «Grid 5000 permet de valider des concepts et des algorithmes nouveaux à tous les niveaux, depuis les protocoles de réseau jusqu'aux logiciels d'application», précise Frédéric Desprez, le directeur scientifique de Grid 5000, financé par Inria, le CNRS et des universités. Les grilles de calcul sont une voie «économique» pour accéder à de grandes puissances.

### À distance et à la demande

Physique, biologie, cosmologie, cryptologie, gestion des grandes bases de données... De nombreuses disciplines peuvent tirer parti d'une grille. Mais exécuter efficacement des logiciels sur une architecture distribuée demande des outils informatiques innovants pour gérer le parallélisme entre les tâches confiées aux milliers de cœurs de calcul. Aussi Grid 5000 a-t-il été conçu de manière à faciliter la vie des utilisateurs. Pour tester ce qu'il a développé, le chercheur réserve à distance des ressources de calcul, et le déploiement de son application se fait d'un simple clic. Mieux, si le programme «se plante» - ce qui, par définition, n'est pas rare, s'agissant de recherches -, le redémarrage se fait automatiquement via le réseau, sans avoir besoin d'appeler un responsable du système au téléphone...

«Dès le début, on a fait du cloud sans le savoir», explique Frédéric Desprez. Grid 5000 a su mettre en place un véritable dispositif d'expérimentations reproductibles, comparable à ce que l'on fait en physique, par exemple, mais assez nouveau dans le domaine de l'informatique. Il instaure un contexte favorable pour faire émerger des projets, y compris théoriques, qui peuvent ainsi s'appuyer sur un outil de validation. D'autres offres de ce type existent, comme chez Amazon web services. Mais Grid 5000, selon ses promoteurs, a l'avantage de garantir la performance du réseau, et donc la reproductibilité des expérimentations. Aux États-Unis, la FutureGrid, financée par la National science foundation, est le pendant américain de Grid 5000, «dont elle s'est inspirée», affirme Frédéric Desprez. Les chercheurs français ont raison de n'être pas peu fiers de leur grille, qui a par ailleurs donné naissance à la création de plusieurs start-up spécialisées dans l'informatique distribuée. ■



## Essaimage 35 PÉPITES MADE IN FRANCE

Vive la valorisation! Nos experts français de la simulation sont presque tous issus de laboratoires publics ou académiques nationaux.

PAR AURÉLIE BARBAUX, AVEC CAMILLE CHANDÈS, PATRICE DESMEDT, LUDOVIC DUPIN, GAËLLE FLEITOUR, OLIVIER JAMES, RIDHA LOUKIL, HASSAN MEDDAH ET MANUEL MORAGUES

## MÉCANIQUE, CONCEPTION

## SPRING TECHNOLOGIES OPTIMISE L'USINAGE

Spring Technologies vient de fêter ses 30 ans. Cet éditeur de logiciels de simulation d'usinage a réussi à s'installer dans le temps. Et a su développer une stratégie internationale. Un tiers de son chiffre d'affaires de 9 millions d'euros est en effet réalisé à l'export. Cette PME d'une centaine de personnes a ouvert des bureaux en Allemagne, en Suisse, en Chine et aux États-Unis. Spring Technologies a toujours cherché à anticiper les besoins des utilisateurs de machines-outils à commande numérique, et sa gestion d'usinage est devenue une simulation réaliste, synonyme de gain de temps dans les réglages. Messier-Bugatti-Dowty a ainsi réduit de 20% le temps d'usinage des pièces de titane de ses trains d'atterrissage. L'éditeur compte parmi ses clients des entreprises aussi célèbres qu'Alstom, Areva, DCNS, Eurocopter, Safran, Snecma ou Valeo. Il a également tissé des liens avec les différents fabricants de machines-outils. Lors de l'achat d'un appareil, un industriel peut commencer à préparer sa production et la programmation avant même la livraison du centre d'usinage. «Il est tout à fait possible de le faire avec une machine spéciale, souligne Gilles Battier, le PDG de Spring Technologies. Le logiciel NCSimul permet d'en prédire les spécifications.» P.D.

## IMMERSION PROFESSIONNALISE LA RÉALITÉ VIRTUELLE

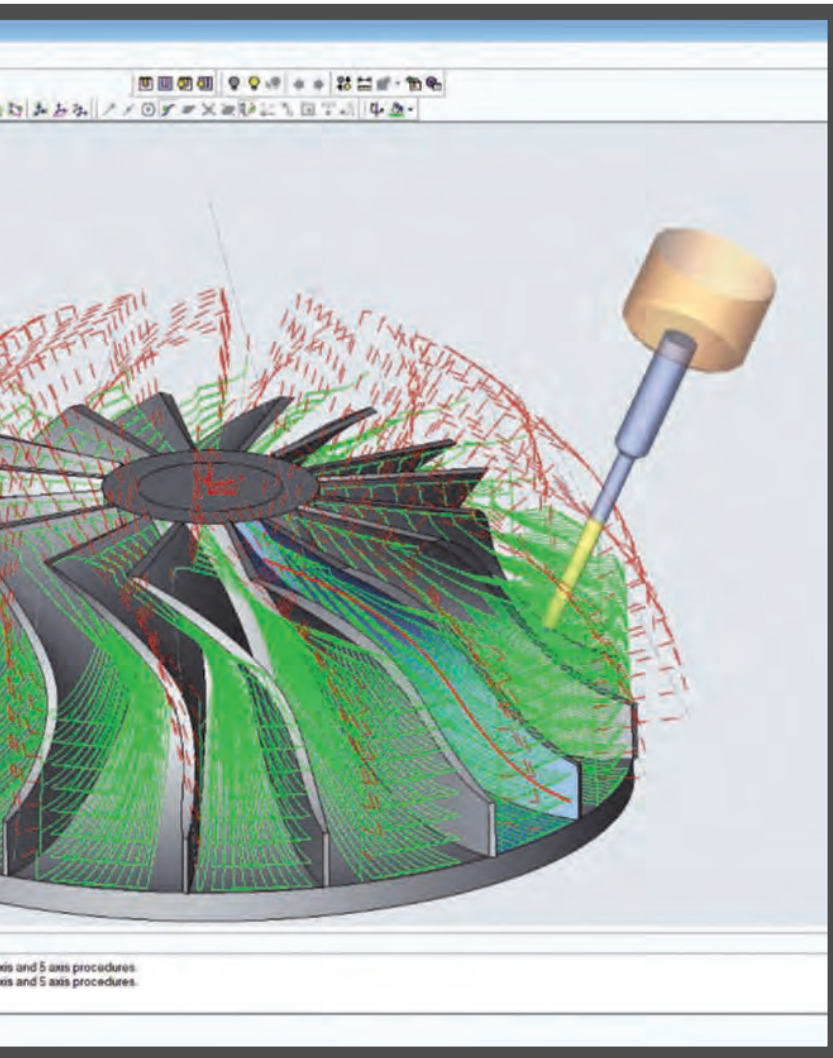
Créée en 1994 par Christophe Chartier, la société bordelaise Immersion est un acteur majeur de la réalité virtuelle. Ses salles de visualisation stéréoscopique - murs d'images en très haute définition et environnements immersifs - offrent un rendu réaliste aux outils de simulation. On les retrouve chez PSA, Renault, Airbus, LVMH, le CEA... Immersion participe aux principaux projets de recherche européens sur la réalité virtuelle et la réalité augmentée. La PME compte 27 employés et son chiffre d'affaires s'élève à 5,4 millions d'euros. P.D.

## KINEO CAM DIRIGE LES ROBOTS

Né à Toulouse dans les locaux du Laboratoire d'analyse et d'architecture des systèmes (Laas) du CNRS, Kineo CAM a été racheté, en octobre 2012, par Siemens. Entre-temps, ses logiciels de calcul des mouvements de robots s'étaient imposés chez tous les grands constructeurs automobiles mondiaux, avant d'être adoptés par l'industrie aéronautique et par les fabricants de robots de précision pour le nucléaire. En 2011, Kineo CAM a réalisé un chiffre d'affaires de 2,8 millions d'euros et employé 14 personnes. P.D.

## HYDROCEAN NUMÉRISE LA NAVIGATION

Les outils de simulation hydrodynamique d'HydrOcean aident à concevoir des bateaux plus performants, mais aussi des éoliennes et des hydroliennes. Cette jeune pousse nantaise, créée en 2007 par Erwan Jacquin, est issue du laboratoire de mécanique des fluides de l'École centrale de Nantes, avec lequel elle a mis en place un partenariat technologique. HydrOcean a réalisé un chiffre d'affaires de



Réduire les temps d'usinage est l'un des objectifs clés des logiciels conçus par Spring.

**U**sinage, montage, écoulements, navigation, flambage des coques minces, vision humaine, nouveaux médicaments, dispersion des polluants, traitements des déchets, propagation des ondes, systèmes embarqués complexes, conception de puces électroniques ou de réseaux télécoms, systèmes complexes multiphysiques, vision microscopique, nanomondes, optimisation thermique, comportement des réseaux électriques, crash automobile. Mais aussi réalité virtuelle, optimisation des calculs, reconstitution 3D d'organes, modélisation neurologique, affichage 3D, simulation de foules ou encore serious game... Cette -longue- liste à la Prévert reflète la richesse du potentiel des 35 pépites françaises de la simulation que nous avons dénichées. La plupart sont issues de laboratoires ou d'instituts de recherche publics et de grandes écoles d'ingénieurs. Trois sont issues d'Inria, deux du Laboratoire d'analyse et d'architecture des systèmes (Laas) du CNRS, deux autres de Mines ParisTech et deux encore de l'École centrale de Lyon. Les autres sortent de l'École centrale de Nantes, de l'École polytechnique de Nantes, de l'Insa de Lyon, de l'Inserm, de Télécom ParisTech, du Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB) ou de l'université de Cachan. Et ces spin-off, dont la plupart ont moins de 10 ans, ont des chances de grandir, à l'image de Spring Technologies, de Corys ou d'ESI Group, qui fête ses 40 ans [lire page 22]. Même si elles doivent se regrouper, pour affronter plus fortes les marchés internationaux. ■

➔ 1,28 million d'euros en 2011 et compte 17 employés. DCNS, STX Europe, Multiplast, Technip ou encore Total figurent parmi ses clients. P.D.

## STRUCTURE COMPUTATION DONNE ACCÈS AU SUPERCALCUL

En proposant une suite logicielle pour le calcul de structure de nouvelle génération accessible en mode hébergé, Structure Computation donne accès à toutes les entreprises aux capacités des supercalculateurs et au savoir-faire du LMT-Cachan. La start-up a en effet été créée en 2009 par Jérémie Bellec, docteur en calcul de structures, en partenariat avec ce laboratoire, pour combler le fossé entre les solutions de calcul de structures disponibles dans le monde de la recherche et en entreprise. P.D.

## EC2 MODÉLISATION GUIDE LES ENTREPRISES

À ses débuts en 1998, EC2 Modélisation réalisait des études sur le flambage des coques minces. L'entreprise, créée en collaboration avec l'Insa de Lyon, intervient aujourd'hui en tant que bureau d'études dans le domaine de la simulation numérique en mécanique, thermomécanique, thermique et interaction fluide - structure, pour des clients comme le CEA, Air liquide, EADS, DCNS, Peugeot, EDF... EC2 Modélisation travaille également en partenariat avec des laboratoires, tant publics (Insa, Institut Carnot...) que privés (Macanium, OptiFluides...). P.D.

## SANTÉ

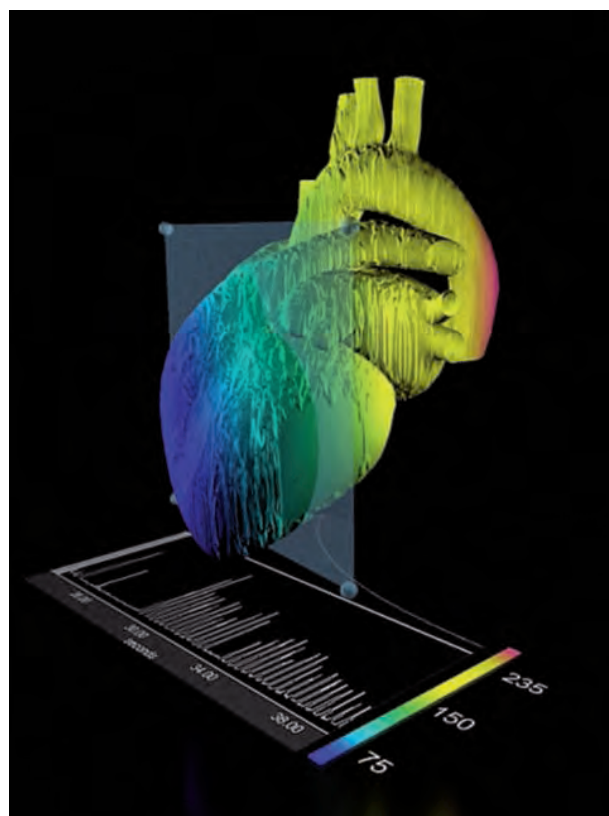
### DIGISENS DÉMOCRATISE LA TOMOGRAPHIE EN IMAGERIE MÉDICALE

Spin-off d'Inria créée en 2002 dans les Alpes, Digisens serait la première société au monde à avoir commercialisé un logiciel médical faisant appel au calcul sur carte graphique. À partir de radiographies numériques d'un organe (tomographies), ses solutions logicielles sont capables de reconstituer en 3D des images volumineuses et de les analyser. Digisens offre ainsi à ses clients - instituts de recherche et industriels européens ou américains - une optimisation de leurs systèmes de type scanners à rayons X ou microscopes électroniques. G.F.

### RHENOVIA PHARMA COMPREND LES MALADIES DU CERVEAU

Rhenovia Pharma est né en 2007 de l'expertise de Serge Bischoff, docteur en neurobiologie passé par l'industrie pharmaceutique, et des travaux d'un professeur en neurosciences d'une université californienne. Sa technologie de modélisation reproduit sur ordinateur les mécanismes cellulaires et moléculaires du cerveau et de la transmission nerveuse. Elle détermine aussi les meilleures zones à bloquer ou à activer afin de traiter les maladies neurologiques. Ses simulateurs permettent aux laboratoires et aux biotechs de limiter les longues et coûteuses expérimentations animales, nécessaires à la conception de médicaments. Enfin, ils aident les acteurs de l'agroalimentaire, comme Sodial Candia, à souligner les

Digisens optimise les systèmes d'imagerie médicale en y intégrant la fonction 3D.



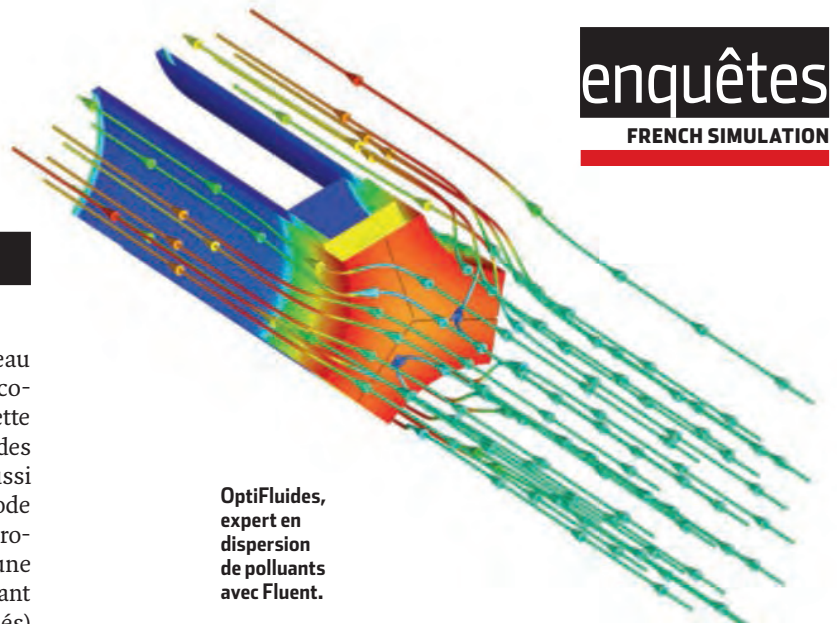
propriétés bénéfiques pour la santé de certains aliments. «Nous travaillons également avec la Direction générale de l'armement sur la simulation d'agents neurotoxiques, afin d'identifier des antidotes», ajoute Serge Bischoff. Reconnue leader mondial dans la biosimulation du système nerveux central, la société mulhousienne de 11 salariés, désormais à l'équilibre, prépare une seconde levée de fonds de 2,5 millions d'euros. Et compte multiplier par trois son chiffre d'affaires de 900 000 euros d'ici à cinq ans. G.F.

### BRAIN VISION SYSTEMS SIMULE LA VISION HUMAINE

Qu'obtient-on de la collaboration entre un ingénieur électronique, passé chez Matra, et un biologiste, chercheur à l'Inserm? Des systèmes de perception «bio-inspirés». Embarqués sur une carte électronique, ils sont capables de percevoir et d'agir comme un cerveau. Intéressant aussi bien Philips que le CEA, la société parisienne Brain Vision Systems, fondée en 2006, vient de dévoiler son dernier-né: le robot Binobot, doté d'une vision binoculaire similaire au champ de vision humain. Il s'intègre en tant que système embarqué à tous types de robots ou autre application de vision et de contrôle. G.F.

### LIXOFT MODÉLISE LE DÉVELOPPEMENT DE MÉDICAMENTS

Fondé dans l'Essonne en 2011 à partir de travaux de statistiques menés à Inria, Lixoft a reçu très tôt le soutien de laboratoires pharmaceutiques du monde entier, comme Johnson & Johnson et Novartis. Pour traiter les masses d'informations issues des essais sur l'homme ou sur les animaux, la start-up a mis au point le logiciel Monolix. Elle souhaite devenir un acteur de référence en modélisation et simulation du développement de médicaments. G.F.



OptiFluides, expert en dispersion de polluants avec Fluent.

## ENVIRONNEMENT

### OPTIFLUIDES SUIT LES POLLUANTS

Spécialisé dans la mécanique des fluides, le jeune bureau d'études OptiFluides a été créé en juin 2011 par Nicolas Boisson, un ancien ingénieur de Rhône-Poulenc. Cette société lyonnaise utilise le logiciel Fluent pour des études de dispersion de polluants dans l'atmosphère, mais aussi dans le domaine des énergies renouvelables. Une méthode numérique couplant modèles en 3D et données météorologiques, évalue, par exemple, le rendement qu'aura une éolienne dont les pales sont couvertes d'insectes ou se situant dans le sillage d'une autre. L'entreprise (quatre salariés) réalise actuellement un tiers de son chiffre d'affaires avec les activités environnement, le reste grâce à la modélisation pour des procédés industriels (aéronautique, santé...). **C.C.**

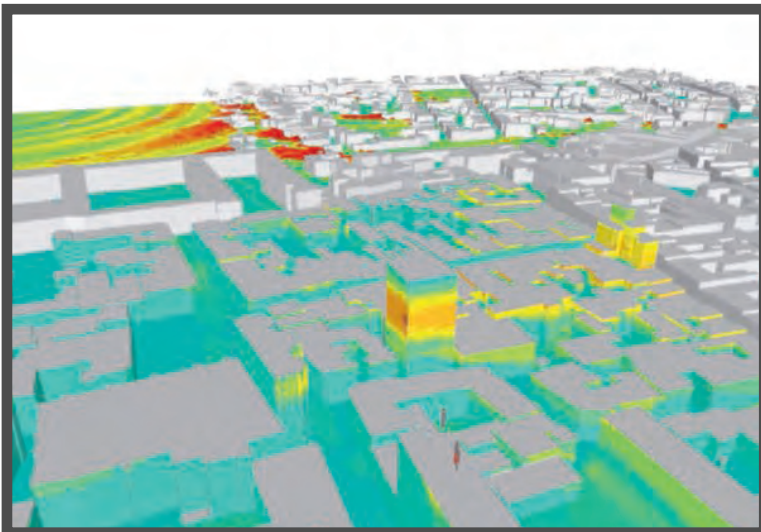
### SILLAGES ENVIRONNEMENT VISUALISE LES POLLUTIONS ATMOSPHÉRIQUES

Né en 2009 des travaux du Laboratoire de mécanique des fluides et d'acoustique de l'École centrale de Lyon, Sillages Environnement s'est spécialisé dans la modélisation de la dispersion atmosphérique des polluants. Son credo ? Intégrer les données sur les rejets de polluants (chimiques, microbiologiques, radioactifs) afin d'évaluer la dispersion d'un panache polluant, émis par des sites industriels, ou déterminer la qualité de l'air dans un bâtiment. Incubée par Crealys, l'entreprise fait partie du groupe Seth qui regroupe quatre PME spécialisées dans le domaine de l'air. **C.C.**

### GEOMOD TRAQUE LA PROPAGATION DES ONDES ÉLECTROMAGNÉTIQUES

Prédire l'exposition des personnes aux ondes sonores et électromagnétiques. C'est l'un des défis que s'est lancé l'éditeur et distributeur de logiciels Geomod. Depuis 2005, le spécialiste de la géomatique terrestre et marine (collecte, traitement et diffusion des données géographiques) codéveloppe,

La gamme logicielle Mithra-Suite permet de simuler la propagation des ondes à l'échelle d'une ville.



avec le Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB), une suite logicielle baptisée Mithra. Elle permet de simuler la propagation des ondes électromagnétiques à l'échelle d'une ville et de calculer l'impact de l'ajout d'antennes-relais ou d'une réduction de puissance. **C.C.**

### DATAPOLE DIMENSIONNE LA GESTION DES DÉCHETS

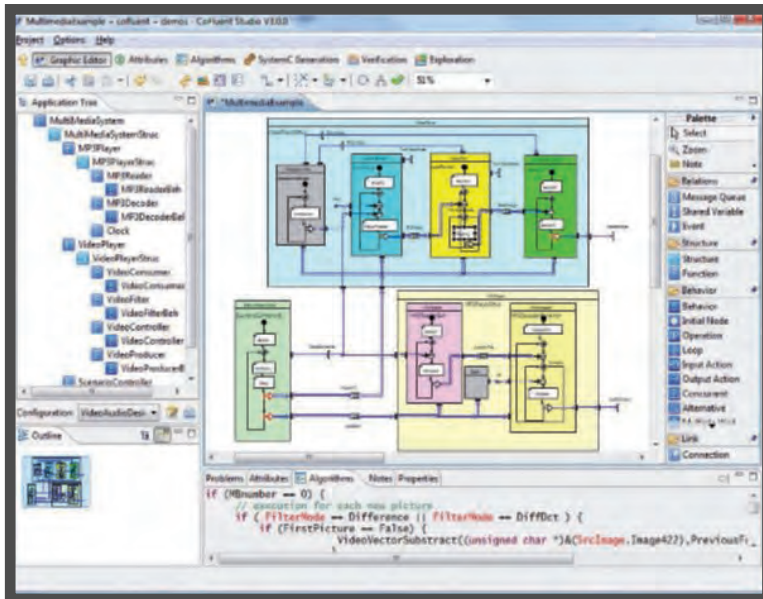
Créé en 2010, Datapole (cinq salariés) a mis au point un logiciel baptisé PrediWaste, destiné à la prévision d'activité dans les déchets. Sa particularité ? Il compile des critères spécifiques – comme la météo, la production quotidienne de débris et la consommation locale de produits issus de la grande distribution par 3 500 familles – et les transforme en données de production de déchets (quantité de plastiques...) propre à chaque territoire. L'entreprise peut alors proposer aux collectivités et aux opérateurs privés d'ajuster leurs équipes et leurs installations de collecte et de traitement au plus près de l'activité réelle, afin de réduire leurs coûts. « Ces ressources sont trop souvent dimensionnées sur des événements extrêmes pour répondre à un objectif de qualité de service. Notre approche consiste à les écrêter pour calibrer les installations et les flux logistiques au plus juste, tout en conservant la capacité de prévoir et de s'adapter ponctuellement aux pics d'activité », avance Frédéric Gagnaire, le dirigeant de la jeune pousse parisienne. Datapole conduit depuis fin 2012 deux expérimentations de son logiciel. L'une avec la mairie de Paris, l'autre avec le Syndicat intercommunal des ordures ménagères (Siom) de la vallée de Chevreuse (Essonne). La première devrait durer un an, la seconde trois ans. **C.C.**

### TRINOV OPTIMISE LES DÉCHETS INDUSTRIELS

La jeune entreprise parisienne Trinov, créée en 2007 par Dan Dassier, un ancien d'IBM, a développé un logiciel en ligne, Nova, permettant d'optimiser la gestion des déchets des entreprises (industries, BTP...). Celui-ci cartographie graphiquement la manière dont les déchets sont produits sur un site et propose la meilleure filière de valorisation pour chaque catégorie (réintégration du déchet dans le procédé de production, revente des matières premières secondaires...). Un modèle que Trinov compte désormais développer à l'échelle d'un territoire. **C.C.**



## TIC



CoFluent permet d'élaborer des composants électroniques virtuels.

### COFLUENT DESIGN SIMULE LES SYSTÈMES EMBARQUÉS COMPLEXES

Né en 2003 par essaiage de Polytech Nantes, CoFluent Design édite des logiciels de simulation développés à l'école. Ces programmes se destinent à la simulation de systèmes embarqués complexes, l'objectif étant de prendre en compte toutes les données et les situations de fonctionnement afin d'en améliorer la qualité. La société de 15 personnes et qui réalise un chiffre d'affaires de 534 000 euros en 2011, affiche parmi ses clients Nokia, RIM, Canon, Thales, Siemens et Nokia Siemens Networks. Signe de son potentiel, elle a été rachetée par Intel en août 2011. **R. L.**

### DOCEA POWER MET LES PUCES AU RÉGIME

Fondé en 2006, Docea Power édite des logiciels d'analyse, de modélisation et de simulation électrothermiques des puces et des systèmes électroniques. Le but : aider les industriels à maîtriser le comportement thermique et la consommation d'énergie de leurs circuits dès la phase de conception. Ses logiciels, conçus en partenariat avec des centres de R&D comme l'Imec (Belgique) ou le CEA-Leti (Grenoble), équipent une dizaine de clients, dont STMicroelectronics. Cette société de 20 personnes veut doubler son effectif en 2015. **R. L.**

### SYSFERA OUVRE L'ACCÈS AU CALCUL-SIMULATION

Fondé en 2010, SysFera simplifie l'accès aux moyens de calcul-simulation. Son logiciel Diet (Distributed interactive engineering toolbox) provient des travaux de l'équipe Graal d'Inria, à l'ENS de Lyon. L'idée de départ était de transformer l'accès aux serveurs en un service à la demande. Le chercheur ou l'ingénieur métier n'a plus à se préoccuper des questions

complexes de réservation des ressources. Lorsqu'il lance son application, à partir de son poste et à distance, Diet choisit les machines les mieux adaptées pour l'exécuter. Second atout du logiciel, une utilisation optimisée du parc de calcul en jouant la carte de la mutualisation dans le cadre d'une grille informatique. « Il peut regrouper plusieurs requêtes sur le même serveur et équilibrer les charges des machines, augmentant virtuellement la capacité disponible pour les utilisateurs, explique David Loureiro, le PDG et cofondateur de la société. Le responsable informatique sait ainsi comment les serveurs sont utilisés, par qui et pour quoi faire. » Diet équipe une dizaine de clients, dont EDF. Situé à Lyon, SysFera compte 14 salariés et a réalisé près de 1 million d'euros de chiffre d'affaires en 2011. **R. L.**

### SILKAN OPTIMISE LES SYSTÈMES EMBARQUÉS CRITIQUES

Né en 2012 de la fusion de HPC Project et d'Arion Entreprise, Silkan se consacre à la simulation des systèmes embarqués critiques. À partir de briques technologiques internes et externes, il offre des solutions sur mesure de modélisation et de simulation à haute performance. Ses systèmes couvrent l'ensemble du cycle de vie du produit, depuis sa conception jusqu'à son utilisation, en passant par le test ou la maintenance. Ils répondent aux besoins des systèmes à sûreté de fonctionnement dans la défense, l'aéronautique, l'énergie... La société fournit également le secteur bancaire en systèmes de modélisation financière rapide. Parmi les briques technologiques clés figure le Par4All. Développé avec Mines ParisTech et Télécom ParisTech, ce moteur exploite les capacités de traitement en parallélisant le code de calcul. Cette société de 70 personnes compte une dizaine de clients dont Airbus, ArceIorMittal, Eurocopter, PSA et Safran. Grâce à une croissance à deux chiffres, elle vise un chiffre d'affaires de 20 millions d'euros en 2013, contre 8 millions en 2012. **R. L.**

### REDWAY3D VISUALISE LES IMAGES 2D - 3D

Créé en 2004, Redway3D développe un moteur graphique 2D et 3D, compatible avec tous les processeurs graphiques d'Intel, d'AMD et de Nvidia. Par rapport aux solutions maison des éditeurs de logiciels de CAO, son outil REDSDK améliore la qualité d'affichage en temps réel et offre un rendu photo aux images de synthèse. Missler Software l'intègre dans sa suite logicielle TopSolid. Airbus, lui, l'utilise dans son simulateur de maintenance. Bénéficiaire depuis 2006, cette société de six personnes a vendu une vingtaine de licences. Meca Distribution fait également partie de ses clients. **R. L.**

### QOS DESIGN ANTICIPE LES RÉSEAUX TÉLÉCOMS

Créé en 2004, QoS Design propose des outils pour l'évaluation de la qualité de service, la simulation, la planification et la conception des réseaux de télécommunication. Sa suite logicielle Nest (Network engineering and simulation tool) bénéficie de vingt-cinq ans de recherche du Laas-CNRS à Toulouse, en partenariat avec des industriels. Son originalité réside dans sa technique unique de modélisation différentielle de trafic et de simulation hybride, permettant de maîtriser la qualité des réseaux à moindre coût. **R. L.**







[www.cloud-hpc-juin2013.com](http://www.cloud-hpc-juin2013.com)

# HPCSpot ●

Décollage imminent. **HPCSpot**, l'offre Cloud HPC d'OVH et de sa marque **Oxalya**, est d'ores et déjà accessible en version bêta. Bien plus qu'un concept, le Cloud HPC est aujourd'hui une réalité alliant performance et simplicité. Réseaux d'interconnexions à faible latence, centre de données localisé en France, machines physiques spécialisées pour le calcul haute performance et la visualisation ou encore accès distant sécurisé depuis un navigateur web, sont autant d'avantages que vous pouvez découvrir dès maintenant, et en avant-première.

Testez notre offre en exclusivité.



## → CHIMIE

### FLUOREM SE PENCHE SUR LES ÉCOULEMENTS

Paramétrer la simulation numérique des écoulements des fluides dans les voitures ou les avions. Fluorem, implanté à Écully près de Lyon, ne doit pas ce savoir-faire au hasard. Créée en mai 2000, cette PME est une spin-off du Laboratoire de mécanique des fluides et acoustique de l'École centrale de Lyon. Ses solutions logicielles, qui réduisent les cycles de conception et les coûts d'expérimentation, ont séduit des groupes tels qu'Areva, Airbus, Total, Valeo. Le réseau de distribution de Fluorem s'étend à toute l'Europe. **O. J.**

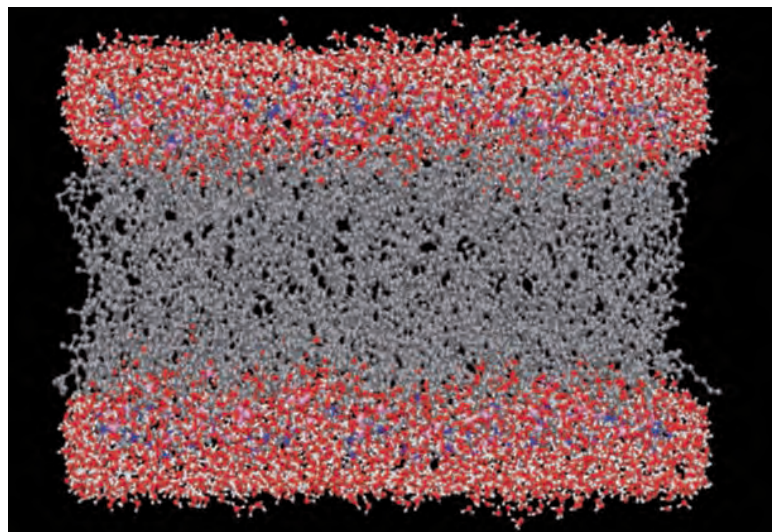
### THE COSMO S'ATTELE AUX SYSTÈMES COMPLEXES

Jeune mais ambitieuse ! La start-up The CoSMo Company, lancée en juin 2012, propose une solution de modélisation et de simulation de systèmes complexes, allant des nouvelles molécules pour l'industrie pharmaceutique au développement urbain. The CoSMo fait partie du programme d'accompagnement Veolia innovation accelerator (VIA), destiné à détecter et à déployer les écotecnologies les plus prometteuses. En septembre 2012, la PME a rejoint le consortium IT Future of medicine, qui rassemble des acteurs de la pharmacie et des technologies de l'information. **O. J.**

### SCIENOMICS MODÉLISE LE MICROSCOPIQUE

Plonger dans le monde microscopique pour comprendre le monde macroscopique. C'est l'offre de Scienomics grâce à ses logiciels adaptés à des secteurs aussi variés que l'automobile, la défense, l'agroalimentaire et la chimie. Cette PME, qui a généré un chiffre d'affaires de 1 million d'euros en 2012, est le fruit de la rencontre entre Xenophon Krokidis, docteur en physique mathématique, et Joerg-Ruediger Hill, docteur en chimie. Leurs routes se sont croisées chez Accelrys, éditeur américain de logiciels spécialisés dans les biotechnologies. Ils décident de monter leur entreprise en mars 2004 à Nancy (Meurthe-et-Moselle). « Les premières années ont été dédiées

Reproduire l'infiniment petit, ici une membrane cellulaire, peut servir des secteurs aussi variés que la défense ou l'automobile.



D. R.

au développement de notre solution, grâce à l'exploitation de logiciels libres, raconte Xenophon Krokidis. Mais, en 2008, une fois notre produit commercialisable, nous avons perdu de nombreux contacts en raison de la crise. » Malgré cela, Scienomics compte parmi ses clients des groupes de choix comme BASF, BP, Shell, ENI, Solvay ou Tetra Pak. La PME de 10 salariés prévoit de doubler son chiffre d'affaires d'ici à trois ans. Pour y parvenir, une nouvelle équipe commerciale, des acquisitions ciblées et des partenariats avec des éditeurs de logiciels pour mutualiser les offres devraient voir le jour. **O. J.**

### NANOTIMES SIMULE L'INFINIMENT PETIT

Graphènes, nanotubes de carbone, particules nanostructurées... Autant de molécules aux comportements complexes, mais aux applications nombreuses dans l'industrie comme les nanorobots, les réactifs moléculaires et les circuits moléculaires. Ce qui a poussé Nanotimes à développer, à destination des laboratoires, une gamme de logiciels de simulation et de visualisation des expérimentations en microphysique. Créé en 2004, Nanotimes est issu de la thèse de Michael Magoga, cofondateur de cette société toulousaine. **O. J.**

## ÉNERGIE

### CORYS DUPLIQUE L'EPR

En novembre 2012, Corys a mis en service le premier simulateur de réacteur nucléaire EPR de troisième génération à Flamanville (Manche). Remis à EDF, cet outil est une réplique de la salle de commande. Il permet de couvrir les opérations de fonctionnement normales, ainsi que les situations incidentelles et accidentelles. Il simule à la fois les paramètres techniques du réacteur, mais aussi les facteurs organisationnels et humains. Quatre autres simulateurs EPR sont en cours de réalisation, en France et en Chine. Il s'agit là du best-seller de Corys, créé en 1989 et détenue par EDF et le CEA (dont il est issu). En 2011, il affiche un chiffre d'affaires de 30 millions d'euros pour 2 millions d'euros de bénéfices. Corys tire aussi sa croissance de la simulation ferroviaire. Parmi ses contrats 2012, on dénombre 44 simulateurs de conduite de trains pendulaires, fournis au QueenslandRail en Australie. La société a également remporté le contrat d'un simulateur pour le métro de Rio de Janeiro au Brésil. Désormais, Corys affiche un parc de 500 simulateurs dans le monde. Afin de supporter ces nouveaux projets, l'entreprise de 230 salariés va embaucher une vingtaine d'ingénieurs en 2013. **L. D.**

### IZUBA ÉNERGIES DYNAMISE LA THERMIQUE

Izuba Énergies a développé Pleiades+Comfie, un ensemble logiciel de simulation dynamique de la thermique des bâtiments. Comfie, son noyau de calcul élaboré par le Centre efficacité énergétique des systèmes (CES) de Mines Paris-Tech, permet la simulation précise du stockage de chaleur des bâtiments et des matériaux... pour un temps de calcul de l'ordre de la minute ! De quoi surfer sur la vague des bâtiments bioclimatiques et de la réglementation thermique RT2012 issue du Grenelle de l'environnement. **M. M.**

# SILKAN conçoit et intègre des solutions de simulation haute performance, à chaque étape du cycle de vie des systèmes complexes



Simulation numérique en phase de conception



Bancs de test et d'intégration



Simulateurs pour la formation, l'entraînement et la maintenance



[www.silkan.com](http://www.silkan.com)



Embedded simulation for a safer world

- INTRALOG'USINE
- FOURNIT'USINE
- EFFY'USINE
- SERV'USINE
- ECO'USINE
- BATT'USINE
- SÉCUR'USINE
- SMART'USINE
- MAINT'USINE
- OUTIL'USINE



19-20 JUIN 2013  
LYON EUREXPO

200 exposants  
6 000 m<sup>2</sup> d'exposition  
3 000 visiteurs  
20 conférences & ateliers  
10 villages thématiques

## LE SALON INDUSTRIEL DE L' EQUIPEMENT ET DE LA MAINTENANCE D'USINE

**Votre stand 9m<sup>2</sup> nu à partir de 1 990 € HT !**

(formule stand nu 9m<sup>2</sup> comprenant : moquette, alimentation, frais d'inscription et assurance)

€ Profitez d'une offre d'exposition **accessible à tous les budgets !**

**L'USINE NOUVELLE** Un salon « Usine Nouvelle » pour mobiliser des décideurs qualifiés grâce aux 237 000 lecteurs industriels du magazine et 1.5 million de visiteurs mensuels\* sur usinenouvelle.com

Rejoignez un salon national au cœur de la 1<sup>ère</sup> région industrielle, pour une **proximité avec tous les opérationnels du Rhône-Alpes**

Retrouvez vos clients et prospects, **3 000 visiteurs à la recherche de vos solutions** : responsables maintenance, production, technique, HSE, méthode, logistique, achats, direction de sites industriels...

\*Source Xiti 2013

**POUR EXPOSER, CONTACTEZ : Tatiana DERMIGNY - Tél : 01 46 99 24 37 - tdermigny@infopro.fr**

**[www.equipusine.com](http://www.equipusine.com)**

Un événement du groupe : **INEOPRO E-T-A-I**

Un salon **L'USINE NOUVELLE**



## ➔ POWERSYS PARE AUX TRANSITOIRES DES RÉSEAUX

Déjà distributeur de logiciels de simulation d'équipements électrotechniques, Powersys a changé de braquet en 2011 en prenant la responsabilité du développement et de la commercialisation d'EMTP-RV. Propriété d'EDF, d'Hydro-Québec et d'autres grands électriciens, EMTP-RV simule le comportement des réseaux électriques face aux transitoires rapides comme les impacts de foudre. En lien avec les développeurs du logiciel, l'équipe de Powersys est chargée de donner un coup de fouet à la diffusion d'EMTP-RV dans le monde. **M. M.**

## RAYCREATIS VERDIT L'ARCHITECTURE

Filiale du groupe HPC-SA, le toulousain RayCREATIS est l'éditeur d'ArchiWizard, un logiciel de simulation énergétique 3D en temps réel des bâtiments. Destiné aux architectes et aux bureaux d'études, ArchiWizard aide à la conception de bâtiments alliant performance éco-énergétique, innovation architecturale et confort. Son intégration avec les CAO architecturales facilite les échanges entre les acteurs du bâtiment, impliqués dans l'obtention des performances bioclimatiques exigées par la réglementation thermique 2012. **M. M.**

## SCIENCES HUMAINES ET SOCIALES

### GOLAEM ENFLAMME LES FOULES

Né en 2009 à l'initiative d'une équipe d'Inria, Golaem propose des logiciels capables de reproduire des mouvements de foule réalistes, avec des milliers d'individus en interaction avec leur environnement. Son premier contrat: la SNCF, pour simuler le comportement des voyageurs entre les trains et les quais. Golaem a aussi développé un simulateur pour la défense et son logiciel, Golaem Crowd, intégré à Autodesk Maya, est destiné à la création d'effets de foule dans les films d'animation ou comportant des effets spéciaux ainsi que dans les spots publicitaires. **T. L.**

### SERIOUS FACTORY ANIME LES CONFIGURATEURS 3D

La société créée en 2007 par William Peres, ancien responsable chez Dassault Systèmes, a développé des logiciels capables, d'une part, de simuler et configurer tous types de produits et, d'autre part, de les visualiser de manière interactive et immersive en 3D dans leur environnement final. Ses logiciels exploitent les données CAO des bureaux d'études de ses clients. Ils s'appliquent aussi bien à l'univers industriel (Dassault, Renault, Peugeot...) qu'à celui des serious games en temps réel. La société compte 20 collaborateurs pour un chiffre d'affaires de 1,1 million d'euros. **T. L.**

### 6MOUV DÉMOCRATISE LES SIMULATEURS DE VOL

Établi à Toulouse, 6Mouv veut démocratiser les simulateurs de vol professionnels sur mesure, avec des solutions accessibles à partir de 150 000 euros. Ses produits reposent uniquement sur des logiciels, développés en langage C++, et ne reproduisent pas les mouvements mécaniques des cockpits. Certifiée par la FAA et l'Aesa (les agences américaine et européenne de sécurité aérienne), son offre s'adresse aussi bien aux



6Mouv et ses simulateurs de vol plus vrais que nature ont conquis l'armée française.

fabricants d'hélicoptères et d'avions qu'aux pilotes professionnels en formation. Le simulateur se distingue par son réalisme graphique (résolution jusqu'à 6000 x 1920 pixels) et modélise l'environnement du pilote et ses obstacles (ponts, éoliennes...) avec une résolution photométrique (60 cm) à partir des bases de données IGN et satellitaires. Eurocopter l'a sélectionné pour simuler son modèle Écureuil. L'armée française exploite également, sur la base de Salon-de-Provence (Bouches-du-Rhône), les produits de la PME toulousaine pour sa formation de pilotage sur monomoteurs TB20 de Daher-Socata. Son PDG Bernard Claudinon, ancien directeur de divisions techniques et commerciales de Matra Marconi Space, a également cofondé Gibcom Multimedia, l'éditeur de jeux vidéo en 3D. D'ici à quatre ans, 6Mouv vise un chiffre d'affaires de 10 millions d'euros, contre 1 million aujourd'hui. **H. M.**

### MADEACONCEPT SURFE SUR LA VAGUE

Les simulateurs de glisse inventés par MADEAconcept, fondé en 2009 par trois passionnés de nautisme, envoient de l'eau sous un tapis gonflable, reproduisant les sensations des surfeurs et autres adeptes de glisse aquatique. Son plus: un système d'asservissement, qui projette l'eau en tenant compte des mouvements du baigneur, ce qui économise de l'énergie. La base de loisirs de Buthiers (Seine-et-Marne) s'est équipée. **H. M. ■**

## Scilab, l'open source du calcul numérique

Depuis dix ans, une communauté de contributeurs réalise le développement du logiciel Scilab, qui propose des centaines de fonctions mathématiques (optimisation, statistiques, commande de systèmes, traitement du signal...) et graphiques (2D et 3D). Un logiciel open source, téléchargeable gratuitement, mais qui est utilisé par le Cnes et par de grands industriels comme Astrium, Sanofi, ArcelorMittal... Initié à l'Inria, Scilab poursuit son développement au sein de

Scilab Entreprises, société créée en 2010 qui fournit des services professionnels aux utilisateurs (conseil, déploiement, développement, migration). Polytechniciens et centraliens s'y bousculent, parmi lesquels on retrouve Claude Gomez, son directeur général, qui a été le responsable de l'équipe R & D du consortium Scilab à partir de 2003, puis son directeur de 2008 à 2011. L'ancien président de Thales, Denis Ranque, est administrateur de Scilab Entreprises. **■ T. L.**

Rendez-vous international  
de la conception et de la simulation  
numérique haute performance

International meeting for  
High Performance Numerical  
Design and Simulation

# Forum Ter@tec

25 & 26 juin/june 2013  
École Polytechnique Palaiseau - France

**SIMULER POUR INNOVER**  
**INNOVATION BY SIMULATION**

Inscription : [www.teratec.eu](http://www.teratec.eu)

Platinum Sponsors



Gold Sponsors



Silver Sponsors



Partenaire





PAM-Crash, la référence des logiciels de simulation de crash automobile.

## Success-story ESI GROUP, START-UP DE 40 ANS

Le français ESI Group est l'un des spécialistes mondiaux du prototypage virtuel. Histoire.

PAR JEAN-FRANÇOIS PRÉVERAUD

**L**a quarantaine cette année et toujours l'esprit start-up. C'est ce qui résume le mieux ESI Group, le leader français de la simulation numérique et du prototypage virtuel. Pourtant, la société emploie un peu plus de 1 000 personnes à travers le monde et a réalisé un chiffre d'affaires de l'ordre de 110 millions d'euros en 2012. Son histoire, c'est celle de quatre jeunes ingénieurs en doctorat à l'université de Berkeley (États-Unis). Avec, en chef de file, le Français Alain de Rouvray, actuel PDG du groupe, ils y découvrent le calcul scientifique sur informatique. Leur réaction est unanime : « Pour une fois, on va pouvoir calculer des choses qui ressemblent à ce dont on a besoin, sans être obligés de simplifier pour pouvoir faire les calculs à la main. » Diplôme en poche, ils s'installent en France. Et créent ESI. « Nous avons découvert la différence fondamentale qui existait entre l'analyse, qui consiste à appliquer les formules issues de recueils de référence pour converger vers un résultat, et

la simulation, où l'on crée des modèles numériques que l'on recalibre sur des essais itératifs menés sur des prototypes physiques », raconte Alain de Rouvray. Une approche novatrice pour l'époque, qui améliore plus vite les produits, tout en réduisant le nombre de prototypes, voire en se limitant à des essais à échelle réduite. Les responsables industriels des programmes nucléaires français, tant civils que militaires, sont les premiers à en saisir l'enjeu. Pendant une dizaine d'années, l'entreprise a proposé, presque exclusivement pour eux, du conseil et de la prestation de services.

### Simulation simplifiée

Mais de la simulation du crash d'un avion sur une centrale nucléaire à celle d'une voiture contre un obstacle, il n'y a qu'un pas que les industriels demandent au groupe de franchir. La société se lance alors dans le crash automobile au début des années 1980 et devient éditrice d'un logiciel de référence, PAM-Crash. « Alors que nos concurrents complexifiaient leurs logiciels d'analyse afin de pouvoir traiter tous les cas, nous, on simplifiait nos modèles de simulation prédictive en les spécialisant par catégories d'essais. Tous les modèles sont faux, mais certains sont utiles, à condition de comprendre les circonstances et les limites où les simplifications faites sont acceptables », résume Alain de Rouvray. Une mise au point qui va demander la collaboration de plus de 250 équipes universitaires internationales et l'achat de technologies.

Au bout de trente-cinq ans de développement, le spécialiste dispose d'une panoplie complète de modèles et de solveurs, pouvant être enchaînés les uns aux autres afin de créer des prototypes virtuels. « Et là, ce n'est pas un problème de gestion de fichiers, mais d'une vraie connaissance de la physique, des matériaux et des métiers à intégrer dans une plate-forme, qui s'adapte aux pratiques des clients. » D'ailleurs, les industriels ne s'y trompent pas. Volkswagen a renouvelé pour la huitième fois leur contrat triennal avec une vision claire : en 2018, les véhicules économes en énergie de la marque, donc légers et multimatériaux, seront développés à l'aide du prototypage virtuel. De même, l'avionneur chinois Avic, qui entend dépasser Boeing et Airbus, a créé un joint-venture avec ESI Group afin de « virtualiser » ses laboratoires et ses processus de fabrication et de transformation. Conclusion du PDG sur ces quarante ans d'histoire : « On a réalisé ce que l'on avait envie de faire d'innovant et on a réussi à persuader nos clients du bien-fondé de notre démarche. » ■



**« Alors que nos concurrents complexifiaient leurs logiciels d'analyse, nous, on simplifiait nos modèles de simulation prédictive en les spécialisant par catégories d'essais. »**

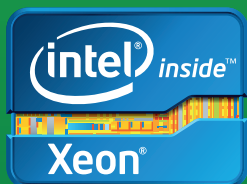
Alain de Rouvray, PDG d'ESI Group

# Heureusement, il existe des moyens de sécuriser le Cloud.

Les technologies Intel® au coeur de votre Cloud garantissent un environnement de confiance pour vos données et vos applications. Exigez la tranquillité.



**La sécurité de votre Cloud ne devrait pas être une préoccupation**



Intel intègre la sécurité au coeur de ses processeurs pour vous offrir bien plus que de la performance.



INRIA; D. R.

## Portfolio

# DONNER À VOIR LE RÉEL

---

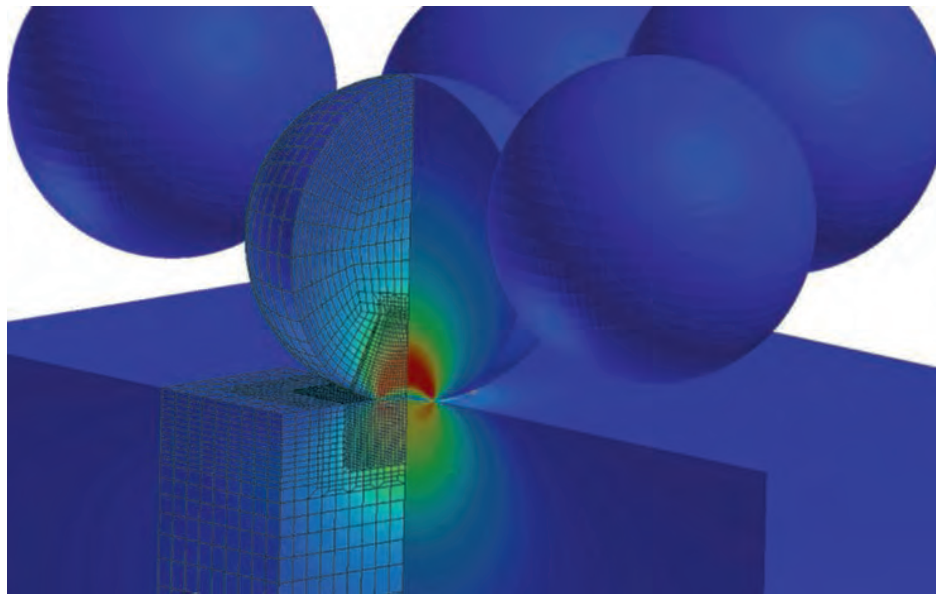
En simulation, une image ne vaut pas mille mots, mais fait parler des phénomènes physiques et biologiques.

PAR AURÉLIE BARBAUX

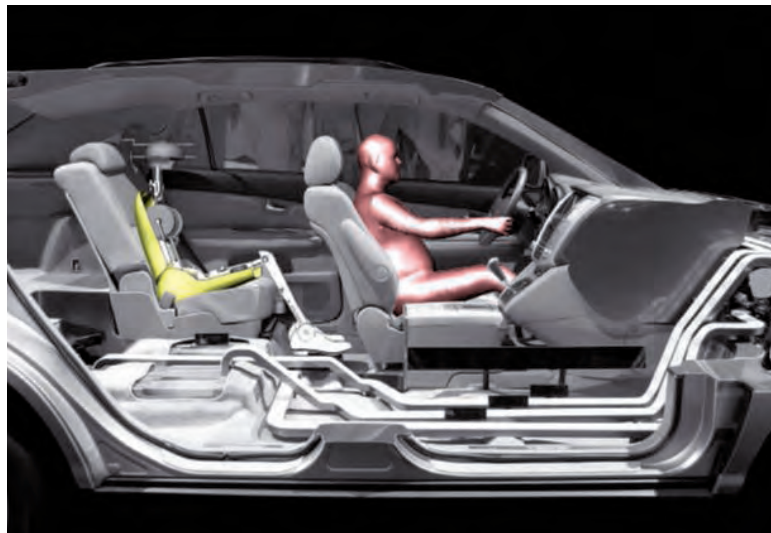




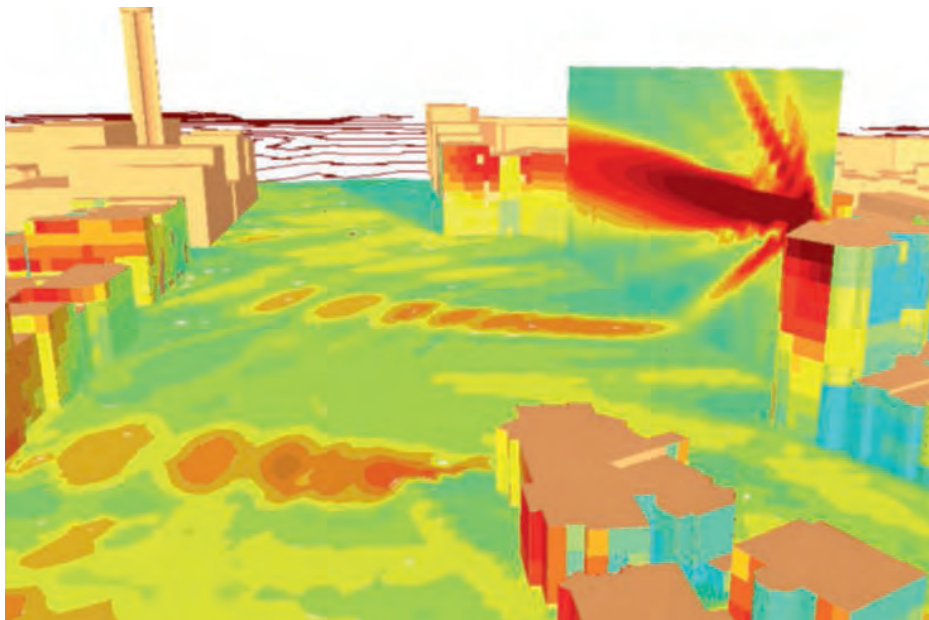
De quelle manière les plantes réagissent-elles à leur environnement lumineux ? Réponse avec les projets Imagis et Cirad (Inria).



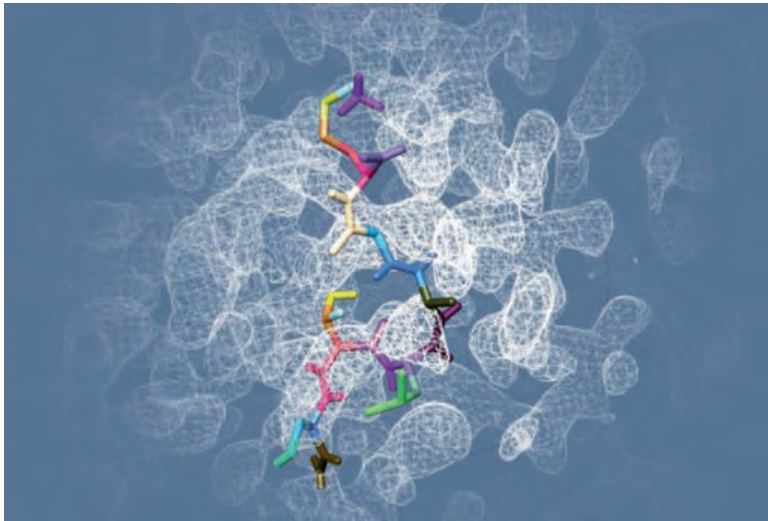
Modélisation de la chute d'une bille pour améliorer le traitement d'une surface (ESI Group).



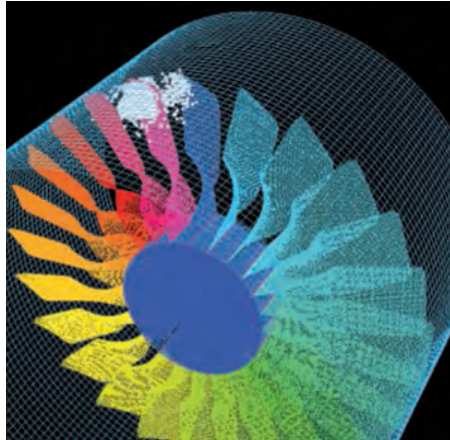
En simulation automobile, il est question de mécanique, mais aussi de confort des passagers (ESI Group).



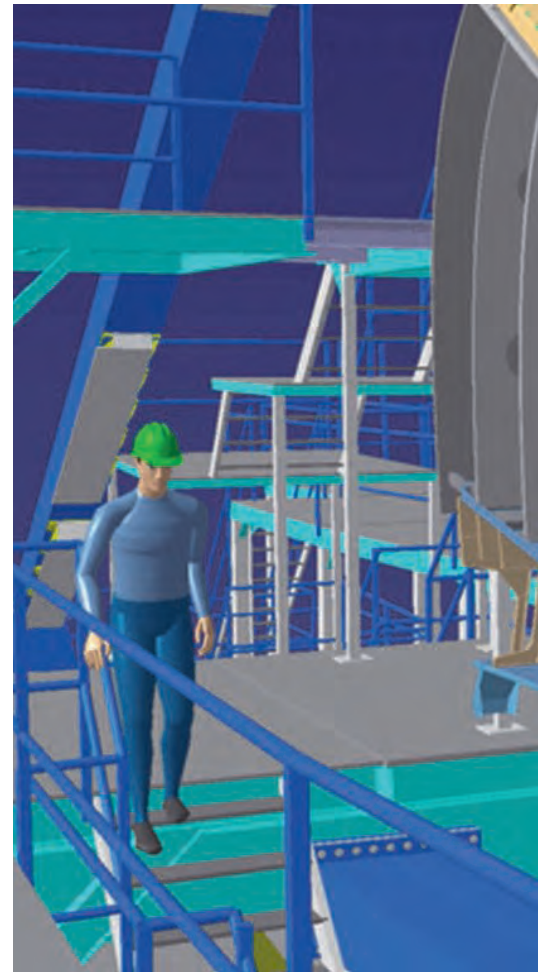
Comment les ondes se propagent-elles dans une ville ? Résultat avec Mithra-Rem (Geomod). ➔



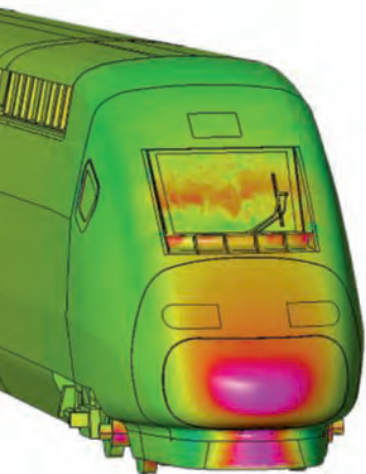
Protéine à l'échelle nano grâce au logiciel Samson (Inria).



Quelles sont les conséquences de l'impact d'un oiseau dans un réacteur ? (ESI Group).



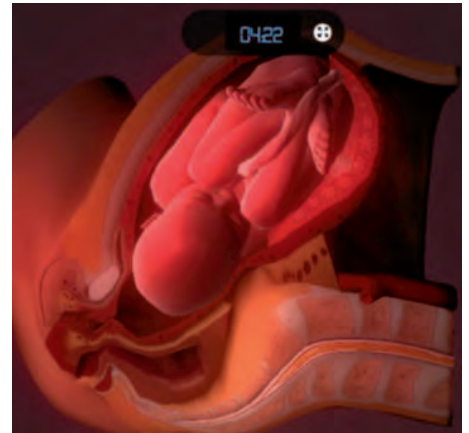
L'usine numérique avec Dalmia (Dassault Systèmes).



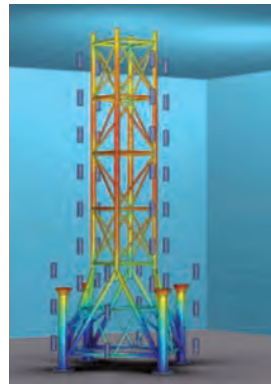
Étude de l'écoulement aérodynamique sur un TGV (Alstom et ESI Group).



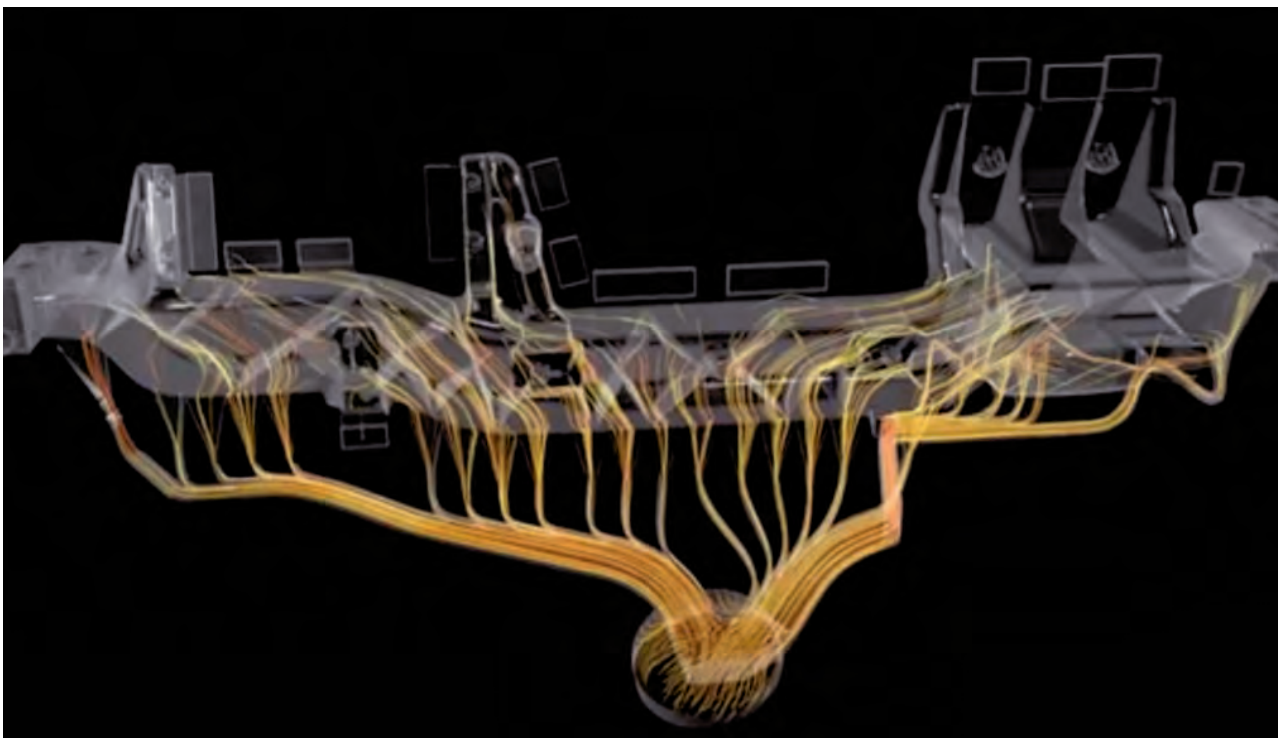
À bord d'une frégate, mise en scène d'un avatar en manœuvre (DCNS).



Accouchement virtuel (GE Healthcare).



Comment des anodes immergées réagissent-elles à la corrosion ? (Comsol).



Remplissage d'aluminium en fonderie sous pression (ESI Group).

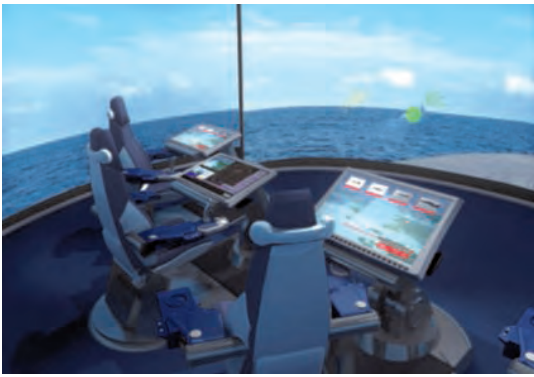


S'entraîner au tir au but, rien de plus simple (Inria).



C. LEBEDINSKY; D. R.; INRIA.

Dans sa salle de réalité virtuelle le Cave, PSA installe un dispositif à échelle réduite, l'Holobench, pour travailler sur la conduite en réalité augmentée (PSA).



Le programme Sigran offre un pilotage maritime, augmenté d'informations géographiques (DCNS).



Étudier la conduite dans une zone accidentée grâce à cet immense simulateur. (DLR Institute).



Le top pour tester les équipements aquatiques de glisse (Madea Concept).



Le CEA abrite le Tera-100, le premier supercalculateur européen a dépassé le petaflops.

## Calcul intensif

# UNE EXPERTISE COLLABORATIVE FRUCTUEUSE

Tiré à l'origine par les besoins du nucléaire français, le calcul haute performance se diffuse maintenant dans l'ensemble de l'industrie.

PAR JEAN-FRANÇOIS PREVÉRAUD

**S**ans remonter au plan Calcul de 1966, on peut trouver dans les dernières décennies au moins cinq éléments pour justifier le réel savoir-faire français dans le domaine du calcul haute performance», avance Hervé Mouren, le directeur de Teratec, le Pôle européen de compétence en simulation numérique haute performance. Cinq éléments qui seraient, selon lui, le Commissariat à l'énergie atomique (CEA), Bull, ESI Group, un tissu de PME spécialisées et la valeur de l'École française de mathématiques appliquées. Le tout formant un terreau propice au développement d'une offre de qualité en calcul haute performance (HPC).

Par ses missions civiles et militaires, le CEA a développé une expertise en simulation numérique, qui se maintient au plus haut niveau mondial depuis plus de trente ans. «Nos nouvelles compétences sont nées après l'annonce de l'arrêt des essais nucléaires en 1995. Il fallait valider une arme sans faire d'essai. Une première dans le monde scientifique», explique Jean Gonnord, chef du projet simulation numérique et informatique à la Direction des applications militaires (DAM) du CEA. Un organisme qui a également eu

l'intelligence de s'ouvrir au monde extérieur, afin de partager son savoir-faire stratégique en simulation haute performance avec les grands industriels français.

La transformation de Bull l'a fait entrer, voici une dizaine d'années, dans le domaine des supercalculateurs. « Nous avons déjà un savoir-faire de constructeur informatique, mais c'est notre partenariat avec le CEA et la mise en place d'une relation de codesign, pour définir une architecture adaptée aux besoins applicatifs, qui nous ont fait progresser rapidement », reconnaît Jean-Pierre Panziera, le directeur de la stratégie produits HPC du constructeur. Leur architecture profite des processeurs standards d'Intel qui réduisent à la fois les coûts et les cycles de développement. La conception d'une carte mère prend de douze à dix-huit mois, tandis que celle d'un processeur demande trois à cinq ans d'efforts. Mais le matériel ne fait pas tout et Bull est passé maître dans les logiciels améliorant le fonctionnement du système.

### Les maîtres du HPC

Autre point important qui fait la différence, le refroidissement des machines. « Il y a cinq ans, il fallait autant d'énergie pour refroidir les processeurs que pour les faire fonctionner. Il y a deux ans, nous sommes déjà passés à un rapport d'un tiers (pour refroidir), deux tiers (pour calculer). Aujourd'hui, 95 % de l'énergie sert au fonctionnement des machines et seulement 5 % à leur refroidissement, et ce, grâce au remplacement du flux d'air par un circuit d'eau », ajoute Jean-Pierre Panziera. Un point décisif pour les coûts d'exploitation de centres de calcul consommant 5 MW et bientôt 10 MW.

Ce véritable savoir-faire de systémier fait de Bull le seul industriel européen capable de fournir aujourd'hui de très grands calculateurs. Un atout français primordial, puisque l'on se dirige de plus en plus vers le codesign, c'est-à-dire la définition des architectures et de leurs hybridations en fonction des besoins des très grands clients. Ce que facilite la présence locale. Et Bull n'entend pas s'arrêter là, car il souhaite lancer des solutions de services autour d'applicatifs HPC dans le cloud, tel son projet Numinov.

Si le développement de logiciels applicatifs est important pour faire progresser le HPC - l'exemple de l'éditeur français ESI Group, qui a réussi à conquérir une position de leader mondial dans le domaine du prototypage virtuel, est là pour le rappeler [lire page 22] -, il existe en France des PME œuvrant dans ce domaine qui sont, elles aussi, au meilleur niveau mondial. Ainsi, Caps Entreprise a su exploiter des travaux menés à l'Inria (Rennes) pour développer un langage à base de directives, qui optimise le fonctionnement des codes standards sur des architectures de calcul à base de cartes graphiques (GPU). « Il s'agit de placer dans le code standard, en étant le moins intrusif possible, des balises sur les parties pouvant bénéficier de l'accélération des GPU », explique François Bodin, le directeur technique de l'entreprise. Cette approche, née en 2007, est aujourd'hui au cœur du consortium OpenACC en vue de sa standardisation. Elle demande un savoir-faire très technique dans la compilation de codes, du calcul parallèle et de l'optimisation. Face à elle, un seul concurrent outre-Atlantique. Une nouvelle génération de

## CGG aligne 12 petaflops pour explorer les sols

Le métier de la Compagnie générale de géophysique (CGG), ex-CGG Veritas, est de décrire la géologie des sous-sols afin d'y déceler de potentiels réservoirs d'hydrocarbures. Cela implique la génération, la récupération et le traitement d'une quantité énorme de données sismiques. Pour gérer ce besoin, le groupe français affiche une capacité de calcul de 12 petaflops et stocke 70 petabytes de données. « Notre puissance de calcul est gérée en interne. Nous possédons une quarantaine de centres de traitement, répartis partout

dans le monde », explique Laurent Clerc, le directeur informatique, traitement et réservoir. « Pour accélérer considérablement certains de nos calculs, nous utilisons des cartes graphiques. Afin d'optimiser le refroidissement de nos matériels les plus denses, nous nous appuyons sur une technologie de refroidissement liquide par immersion », décrit-il. Dans ce contexte, CGG a signé des partenariats avec des acteurs du monde de l'informatique, comme IBM ou Dell, et du jeu vidéo comme Nvidia. ■ L. D.

produits devrait apparaître dans le courant de l'année. « Nous travaillions jusque-là de manière générique sur les codes de calcul, ce qui pouvait demander un travail d'adaptation en fonction des applications, rappelle le directeur technique. Avec cette nouvelle génération, notre langage tiendra compte des spécificités des grandes familles d'applications et des différents types d'architectures cibles, ce qui rendra les adaptations transparentes pour l'utilisateur. »

Autre émanation des travaux d'Inria, Scilab Entreprises, qui propose depuis 2010 des bibliothèques de calcul numérique en open source [lire l'encadré page 20]. « Notre logiciel, qui exploite de manière native le parallélisme massif du HPC, a été téléchargé plus de 700 000 fois en 2012 et notre base installée dépasse le million d'utilisateurs dans de multiples secteurs tant industriels que de services », se réjouit Christian Saguez, le vice-président de la société.

### Simulations optimisées

Silkan offre, quant à lui, une boîte à outils créant et intégrant, autour du calcul haute performance, des solutions de simulation utilisables en conception, en exploitation, en maintenance ou encore en démantèlement de systèmes complexes. « Grâce au HPC, nous traitons rapidement et de manière optimale de très gros modèles et gérons des plans d'expériences demandant des dizaines de milliers de simulations », affirme Jacques Duysens, le directeur général délégué. Un savoir-faire que l'entreprise valorise avec certains laboratoires français (Inria, École centrale de Paris, Mines ParisTech) et des universités américaines. Cette plate-forme est également utilisée en interne pour développer à façon des simulateurs faisant appel au HPC pour traiter, en temps réel et avec réalisme, de très gros modèles. →

## Intel et le CEA préparent un futur exaflopique

Créé en 2010, le laboratoire Exascale computing research (ECR) sera bientôt hébergé par Teratec. Il compte plus d'une trentaine de collaborateurs, qui coopèrent étroitement avec des chercheurs européens à la réalisation de machines mille fois plus puissantes que celles disponibles aujourd'hui. Fruit d'une collaboration entre le CEA, Genci, Intel et l'université Versailles Saint-Quentin

(Yvelines), l'ECR a deux axes de recherche : d'abord, faciliter le passage à l'exascale aux applications traditionnelles ou open source existantes, et issues de l'industrie ou de partenaires académiques ; ensuite, élaborer et proposer un environnement d'outils et de méthodes qui permet l'optimisation de l'interaction entre couche applicative et machine en vue de l'exascale. ■ J.-F. P.

➔ Ce n'est pas tout. L'éditeur Distene travaille sur des composants logiciels tels que des mailleurs entrant dans la chaîne de calcul HPC. « Nos produits sont le fruit de trente ans de recherches menées à Inria. On les retrouve intégrés dans tous les logiciels de calcul des grands éditeurs spécialisés en simulation. Notre objectif est de devenir un standard du marché du maillage, comme le sont Acis ou Parasolid dans le domaine des moteurs géométriques pour la CAO », précise Laurent Anné, le cofondateur de l'entreprise.

Côté applicatif, Numtech propose, lui, des logiciels de simulation de dispersion atmosphérique pour le contrôle et la prévision de la qualité de l'air, qui font largement appel au HPC. « Nos outils servent aussi bien des sites industriels pour vérifier leurs émissions, que des collectivités territoriales pour surveiller la qualité de l'air. L'utilisation du HPC permet de traiter de gros modèles avec une grande précision pouvant atteindre la dizaine de mètres en ville », explique Pierre Béal, le directeur général de l'entreprise. Là aussi le savoir-faire vient en partie d'Inria, mais également de l'université de Clermont-Ferrand, du CNRS, de l'École centrale de Lyon et de l'université de Floride.

Dernière raison à la prédominance du savoir-faire français, le niveau d'excellence de l'École française de mathématiques appliquées. Rappelons que la France a obtenu 11 médailles Fields depuis 1936 (la dernière en date étant celle de Cédric Villani en 2010), alors que les États-Unis en détiennent 12 et la Russie 9. Une école épaulée par l'École française d'informatique, qui excelle en recherche.

Les acteurs français du HPC entendent tirer parti de l'arrivée du cloud computing. Citons les projets Numinov, menés par Bull, ou celui d'Oxalya. À l'étude, le nouveau projet d'IRT SystemX (Institut de recherche technologique) Objectif : l'accès au calcul haute performance pour les PME. Enfin, dernière preuve de la suprématie de l'Hexagone, les trois grands projets HPC européens sont gérés par des Français : ETP4HPC par Bull et le CEA ; Eesi par Total ; et Prace par Catherine Rivière, le PDG de Genci. ■

## DES CENTRES OUVERTS AUX ENTREPRISES

Des plates-formes de calcul intensif fleurissent partout en France, mettant la simulation numérique à la portée des entreprises, et tout particulièrement des PME-PMI. Certaines sont accessibles dans le cadre de projets de recherche collaborative avec des labos publics. D'autres ont une vocation commerciale ou sont en projet dans le cadre des Investissements d'avenir. Tour de France de la simulation avec neuf sites opérationnels.

PAR RIDHA LOUKIL

### CAPS COMPUTE LAB

**Mise en service** 2009, par Caps Entreprise

**Équipement** Supercalculateur Bull NovaScale avec dix serveurs d'accélération Nvidia

**Accès** Package au paiement à la carte

**Site web** [www.caps-entreprise.com](http://www.caps-entreprise.com)

### CSP

Centre de simulation palois

**Mise en service** 2010 par CS, Turbomeca et l'agglomération de Pau

**Équipement** Supercalculateur hybride GPU - CPU

**Accès** À la demande et réservé aux PME et aux programmes R & D des consortiums partenaires

INFOGRAPHIE : L'USINE NOUVELLE



## CRIHAN

Centre de ressources informatiques de Haute-Normandie

**Mise en service** 1991. Nouveau calculateur acquis en 2011 avec l'École centrale de Nantes

**Lieu** Technopole du Madrillet (Seine-Maritime)

**Équipement** Grappe de calcul IBM iDataPlex

**Accès** Paiement à l'usage

**Site web** [www.crihan.fr](http://www.crihan.fr)

## EXTREME FACTORY

**Mise en service** 2010, par Bull

**Équipement** Supercalculateur BullX, avec des accélérateurs graphiques Nvidia

**Accès** Sur réservation ou paiement à l'usage

**Site web** [www.extremefactory.fr](http://www.extremefactory.fr)

## ROMEO

Centre de calcul de Champagne-Ardenne

**Mise en service** 2002. Ouvert en 2007 aux entreprises de la région

**Lieu** Université de Reims Champagne-Ardenne (Marne)

**Équipement** Un cluster de calcul Linux - Windows, installé en 2010 par Bull avec Microsoft

**Accès** Paiement à la carte

**Site web** [www.romeo2.fr](http://www.romeo2.fr)

Rennes

**42**  
téraflops

Rouen

**14**  
téraflops

Les Clayes-sous-bois

**170**  
téraflops

Reims

**6**  
téraflops

Bruyères-le-Châtel

**200**  
téraflops

Le Mans

**1,5**  
téraflops

## CCRT

Centre de calcul recherche et technologie

**Mise en service** 2003. Ouvert en 2012 au CEA et aux industriels

**Lieu** Très grand centre de calcul du CEA (TGCC)

**Équipement** Supercalculateur Airain de Bull

**Accès** Réservé aux partenaires

## CISNA

Centre de calcul intensif et simulation numérique automobile

**Mise en service** 2009

**Lieu** Institut de l'automobile

**Équipement** Supercalculateur Bull

**Accès** Réservé aux adhérents

**Site web** [www.institut-automobile-du-mans.fr](http://www.institut-automobile-du-mans.fr)

## HPC@LR

Centre de compétences en calcul haute performance de Languedoc-Roussillon

**Mise en service** 2010

**Lieu** Université de Montpellier 2 (Hérault)

**Équipement** Supercalculateur IBM hybride

**Accès** Gratuit pour chercheur public ou privé de la région

**Site web** [www.hpc-lr.univ-montp2.fr](http://www.hpc-lr.univ-montp2.fr)

Pau

**2,5**  
téraflops

Toulouse

**38,5**  
téraflops

Montpellier

**20,5**  
téraflops

## CALMIP

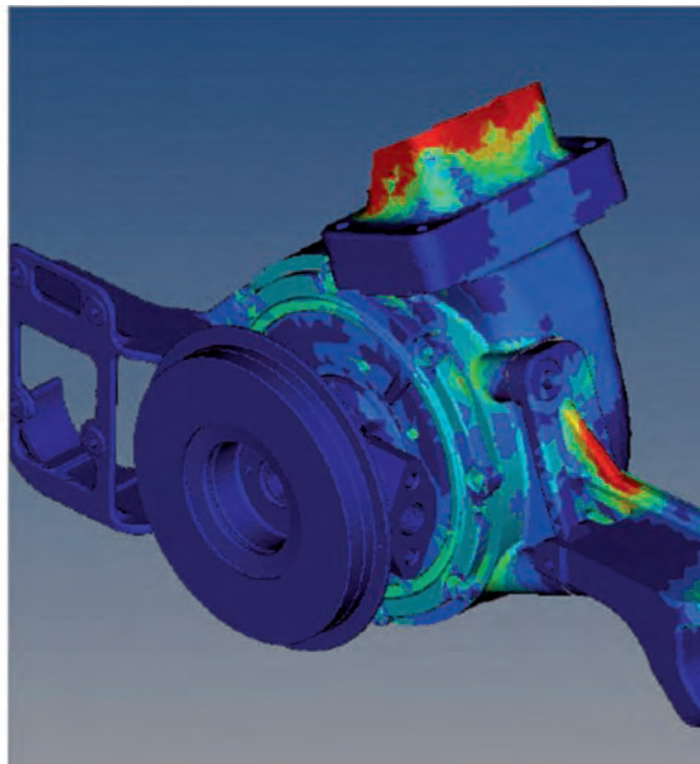
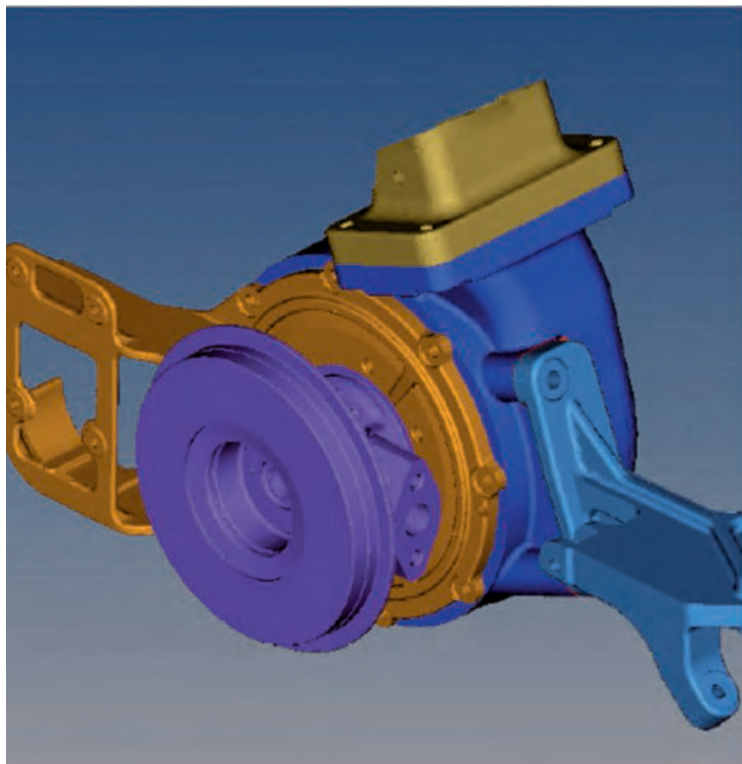
Centre de calcul en Midi-Pyrénées

**Mise en service** Depuis 2007, ouvert aux entreprises de la région (à 10%)

**Équipement** Hyperion de SGI

**Accès** Paiement à l'usage et à distance

**Site web** [www.calmip.cict.fr](http://www.calmip.cict.fr)



## Logiciel à la demande

# LE BON CALCUL EST DANS LE CLOUD

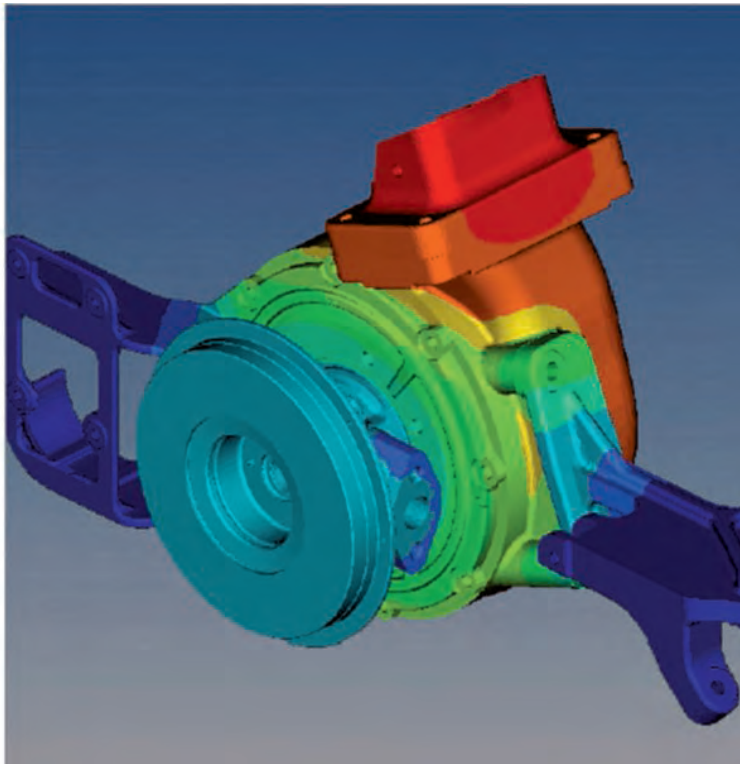
Plus de puissance à moindre prix : c'est la promesse du calcul numérique en mode cloud computing. Les éditeurs ont développé les briques technologiques pour utiliser ainsi leurs solutions de calcul et de gestion du cycle de vie.

PAR JEAN-FRANÇOIS PRÉVERAUD

**R**éduire les coûts et les délais de développement, tous les industriels en rêvent. Les briques technologiques développées par les éditeurs de logiciels de calcul numérique et de gestion de cycle de vie des produits, des applications et des services (PLM, ALM et SLM) pour offrir leurs solutions en mode cloud computing pourraient les y aider. Ces logiciels ouvrent en effet l'accès à une puissance de calcul quasi infinie. Au-delà de la réponse, parfois salutaire, à des pics de charge ou de la possibilité de communiquer avec des partenaires dans le cadre de projets collaboratifs, le cloud représente pour de petites entreprises une opportunité pour concevoir plus vite qu'avec les outils dont elles disposent en propre. Et en ne payant que lorsqu'elles ont l'usage de ce service.

### HPC on demand

Le monde du calcul est un bon terrain d'expression pour le cloud computing. « C'est ce que nous proposons avec Extreme factory, notre offre de "HPC on demand", qui fournit à l'entreprise un portail propriétaire. Il lui donne accès à des moyens de calcul avec les logiciels et les services qu'elle désire, pour répondre à des besoins ponctuels ou récurrents en termes de pics de charge », explique Bruno Pinna, le responsable du cloud computing chez Bull. Une offre qui sera élargie aux PME avec le projet Numinnov, monté avec la Caisse des dépôts et consignations (CDC), qui vise la création, en 2013, d'un opérateur indépendant de services de calcul intensif en mode cloud à l'échelle européenne.



En utilisant Hyperworks, la plate-forme de simulation de l'éditeur Altair, l'équipementier BorgWarner a amélioré ses turbocompresseurs.

des technologies de simulation numérique. Il faudra aussi surmonter certaines réticences. L'une d'entre elles porte sur la qualité des outils. «Les industriels ne veulent pas d'un cloud computing low cost comme peut l'offrir Amazon. Qu'il s'agisse de grands groupes ou de PME, ils veulent des services haut de gamme avec des performances garanties en termes de qualité et de continuité de service, ainsi que de sécurité et de résilience de leurs données. Et là, beaucoup de choses restent à faire», estime Gérard Roucairol, le président de Teratec, le Pôle européen de compétence en simulation et calcul haute performance [lire son interview page 6].

Autre crainte, la confidentialité. À cet égard, la prédominance des hébergeurs d'origine américaine pose question. Ceux-ci sont en effet soumis au Patriot Act. Cette réglementation leur impose, pour des raisons de sécurité intérieure, de montrer ce qu'ils stockent sur leurs serveurs aux pouvoirs publics américains si ceux-ci le demandent. Pour ne pas se plier à cette loi, l'État français a lancé l'idée d'un cloud souverain. Dassault Systèmes a cherché, à deux reprises en 2011, à y participer avant d'y renoncer en avril 2012. «Ces projets se feront sans nous, suite à des divergences de vue sur le business model à mettre en place et à la dispersion des aides publiques, qui nuisent à l'émergence d'un acteur français fort», regrettait alors Pierre Marchadier, le vice-président chargé de la communication chez l'éditeur de logiciels.

Pas découragé pour autant, l'éditeur a créé Outscale (en 2011), une filiale qui propose ses logiciels en mode cloud «privé» à l'automobile et à l'aéronautique. «Nous avons aussi participé, dans le cadre du projet Boost Aerospace, à la création d'Air design. Un environnement de travail collaboratif privé qui fournit aux PME les outils et les méthodologies de travail agréés par Airbus, avec de la performance informatique, du stockage et de la sécurité.» Dassault Systèmes va aussi annoncer la possibilité d'accéder de manière temporaire en mode SaaS (software as a service) à Catia et SolidWorks, puis Enovia, Simulia et Delmia via l'offre Nvolve. Moins ambitieux, Siemens PLM Software ne propose que son outil de gestion des données techniques Teamcenter en mode

Outre la performance informatique, les PME y trouveront des services apportés par 25 partenaires et de la sécurité. Cette prestation pourrait être commercialisée par des éditeurs de logiciels hébergés.

### Un coût divisé par deux

Côté tarif, le passage en mode cloud devrait diviser par deux les investissements matériels, qui représentent environ 25% d'un projet PLM. En revanche, son impact sur les dépenses en logiciels et en services devrait être moindre.

Malgré ses promesses, le cloud reste toutefois l'objet d'un certain attentisme. «Comme pour toute évolution de technologie, il va falloir inventer de nouvelles approches et méthodologies de travail pour en tirer la quintessence», estime François Coste, le représentant de la Nafems en France, une organisation destinée à épauler les entreprises dans le choix



**« Extreme Factory, notre offre de "HPC on demand", fournit au client un portail propriétaire de calcul avec les logiciels et services qu'il désire. »**

Bruno Pinna, responsable du cloud computing chez Bull



**« Nous veillons à ce que les entreprises évitent certains inconvénients du cloud comme la dépendance vis-à-vis des hébergeurs. »**

Marie-Christine Oghy, présidente de l'association Micado

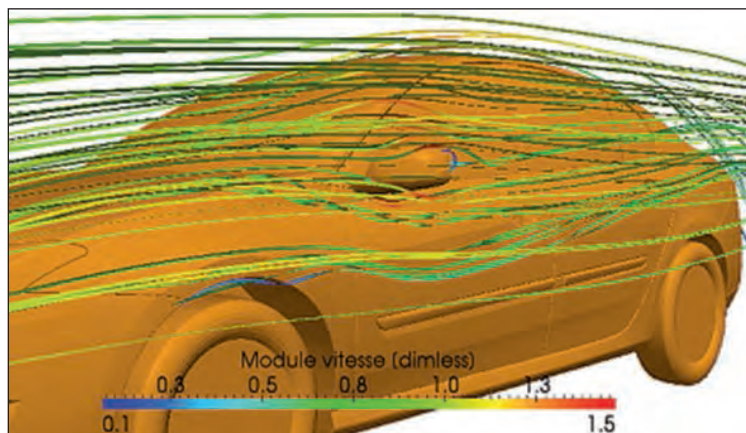
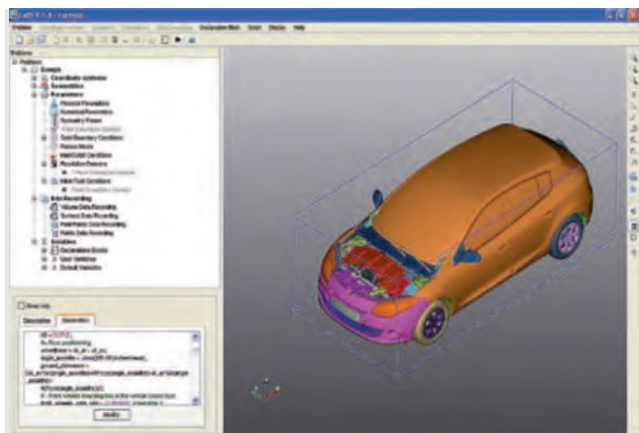
➔ cloud via les offres d'IBM, Microsoft ou Amazon, qu'il a certifiées. «Une certification technique et opérationnelle que nous poursuivons avec des prestataires locaux tels Orange, SFR ou Atos», précise Christophe Iffenecker, le directeur général de la filiale française.

Outre les problèmes de sécurité, il faut se préoccuper de la réversibilité du système si l'on veut revenir à une solution interne ou changer d'hébergeur, car on perd le contrôle physique de ses données. «Nous travaillons sur les méthodologies de travail pour que les entreprises puissent éviter certains

inconvenients du cloud, explique Marie-Christine Oghly, la présidente de Micado, l'association dédiée à l'ingénierie numérique collaborative au service du PLM. Nous cherchons à leur faciliter l'utilisation, à limiter la dépendance vis-à-vis des hébergeurs. Nous veillons à la transparence des accès, aux appuis sur des compétences qu'elles ne peuvent financer et maintenir en interne, à l'assurance de la qualité des simulations et au suivi des données.» Autant d'évolutions qui pourraient achever de décider, en 2013, les bureaux d'études qui hésitent encore à miser sur le cloud computing. ■

## L'AÉRONAUTIQUE ET L'AUTO SE CALCULENT À PAU

Ouvert en février 2010, grâce à un partenariat entre la communauté d'agglomération, Turbomeca et le groupe CS, le Centre de simulation de Pau accueille les programmes de R & D multiphysique de l'aéronautique et de l'automobile.



Le logiciel de simulation numérique développé par LaBS devrait être commercialisé cette année.

**I**l faut le reconnaître, le Centre de simulation de Pau (CSP) n'a pas rencontré le public prévu. Ouvert en février 2010, grâce à un partenariat entre la communauté d'agglomération, le constructeur de turbines d'hélicoptère Turbomeca et le spécialiste de la simulation CS, ce centre de calcul devait permettre aux PME et PMI de la région d'accéder, à moindre coût et à la demande, à des outils de simulation, inaccessibles normalement pour des entreprises de cette taille. Las, «il n'y a pas eu la demande que l'on imaginait. Et ce n'est pas faute d'avoir prospecté», admet François Roudot, le responsable de l'offre HPC et simulation numérique chez CS, qui pilote le centre.

Le CSP n'est pas resté inutilisé pour autant. À sa naissance, il avait vocation à héberger

les travaux de calcul du pôle Aerospace Valley, et en particulier le programme Osmoses, clos en 2011. Ce dernier avait pour but de concevoir une plate-forme collaborative de simulation multiphysique [lire page 40] pour l'aéronautique. «Il s'agissait de développer les outils logiciels intermédiaires pour associer différents codes de calculs», explique François Roudot. C'est en partie chose faite, même si Osmoses n'est pas totalement opérationnelle. Pour qu'elle soit réellement accessible à la demande aux entreprises du secteur, un second programme de R&D, Mosart (recalé une fois), est nécessaire. Il devrait être représenté au prochain appel à projets des pôles.

Le CSP a également répondu au besoin de calcul interne de CS et ponctuellement à Turbomeca, lorsque ses calculateurs étaient

saturés. Il a surtout servi de support à LaBS, un projet plus viable économiquement et qui va pouvoir être commercialisé. Porté par un consortium d'industriels tiré par Renault, mais où sont aussi présents Airbus, Bombardier ou Alstom, LaBS donne un accès à la demande à des codes de calcul aéro-acoustique, qui intéressent particulièrement l'automobile pour les organes saillants, comme les rétroviseurs, mais aussi internes au véhicule. Démarré en 2009, et à clore en juin 2013, LaBS pourrait avoir une suite, vers d'autres domaines techniques comme l'aérodynamique, les machines tournantes ou le thermique. Le CSP est, en tout cas, prêt à l'accueillir. De 2,5 téraflops de puissance à son lancement, il affiche aujourd'hui plus de 10 téraflops [lire notre carte page 33]. ■ AURÉLIE BARBAUX



# La simulation, un moyen d'accroître sa compétitivité

Enginsoft votre solution

[www.enginsoft.fr](http://www.enginsoft.fr)

Key partner in Design Process Innovation



**L'USINE  
NOUVELLE**

**OFFRE 100% NUMÉRIQUE**

**TOUT L'USINE NOUVELLE  
ACCESSIBLE EN LIGNE**



**NOUVEAU  
sur iPad**

L'hebdomadaire feuilletable en ligne  
+ Le web abonnés + La base Industrie Explorer *mode consultation*

**1 AN - 240€<sup>HT</sup>**

## BULLETIN D'ABONNEMENT

Compléter et renvoyer par courrier, fax ou email à : L'Usine Nouvelle  
Service Abonnements - Antony Parc II - 10, place du Général de Gaulle - BP 20156  
92186 Antony Cedex • Fax : +33 (1) 77 92 98 39 • Email : [abo@infopro.fr](mailto:abo@infopro.fr)

**OUI**, je m'abonne à l'offre **1 an 100% numérique**  
au prix de **240€<sup>HT</sup>** (soit 287€<sup>TTC</sup> - TVA 19,6%)\*

WUN1A02

En avant-première chaque mercredi, L'Usine Nouvelle directement en ligne  
+ l'accès au site et aux archives réservées aux abonnés sur [usinouvelle.com](http://usinouvelle.com)  
+ la base de données Industrie Explorer *en mode consultation*

Je préfère m'abonner à l'offre **1 an Magazine + Web**  
pour **265€<sup>TTC</sup>** (soit 260€<sup>HT</sup> - TVA 2,10%)\*

US11A03

(L'hebdomadaire + Les newsletters + L'accès au site et aux archives réservées  
aux abonnés + La base de données Industrie Explorer *en mode consultation*)

### Je règle :

Chèque bancaire à l'ordre de L'USINE NOUVELLE

Carte bancaire N° \_\_\_\_\_

Expire fin \_\_\_\_\_

Notez les 3 derniers chiffres  
figurant au verso de votre carte \_\_\_\_\_

Date et signature

Je préfère régler à réception de facture

Je souhaite recevoir une facture acquittée

Mr  Mme  Mlle

Nom / Prénom : \_\_\_\_\_

Société : \_\_\_\_\_ Fonction : \_\_\_\_\_

Adresse : \_\_\_\_\_

Code Postal : \_\_\_\_\_ Ville : \_\_\_\_\_

Tél. : \_\_\_\_\_

Siret : \_\_\_\_\_ Code NAF : \_\_\_\_\_

**INDISPENSABLE pour recevoir mes accès web et à Industrie Explorer (MAJUSCULES OBLIGATOIRES)**

E-mail : \_\_\_\_\_ @ \_\_\_\_\_

\* Offre France métropolitaine avec la version Basic d'Industrie Explorer, réservée aux nouveaux abonnés et hors Indices & Cotations. Offre valable jusqu'au 31/07/2013. Conformément aux lois Informatique et Libertés du 06/01/1978 et LCEN du 22/06/2004, vous pouvez accéder aux informations, les rectifier et vous opposer à leur transmission éventuelle en écrivant au Service Abonnements. GISI - SAS au capital de 38 628 352 € - RCS Paris 442 233 417 - N° TVA FR 29442233417.

**L'USINE  
NOUVELLE**

US11306

## Matériau

# LE CASSE-TÊTE DES COMPOSITES

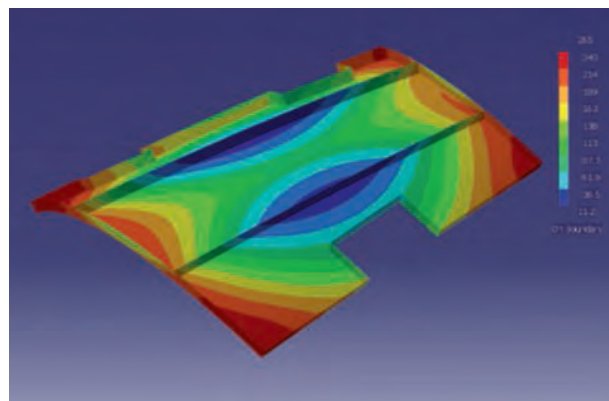
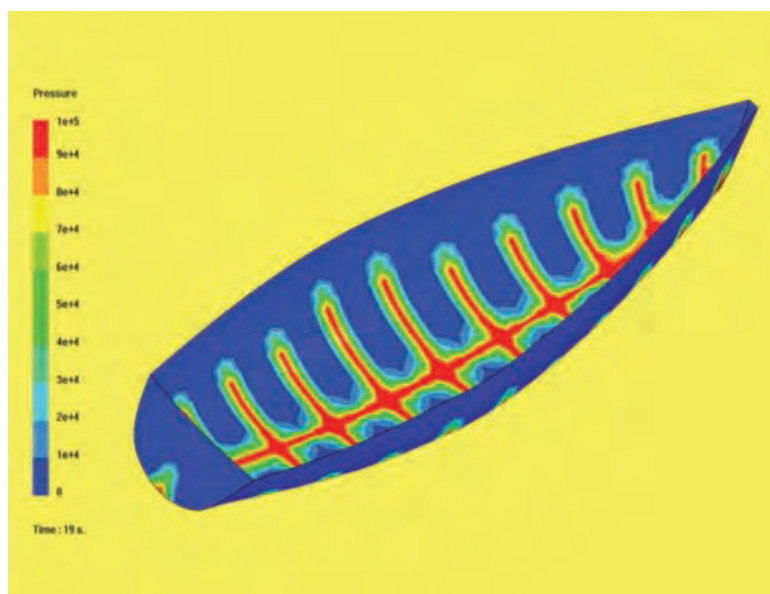
Avec leur structure complexe, les composites sont difficiles à modéliser. Ils doivent se plier à la simulation numérique pour développer leur industrialisation.

PAR OLIVIER JAMES

**P**as de composites sans simulation. Après une ère marquée par l'empirisme, les essais grandeur nature et la production artisanale, les composites doivent se plier aux modèles numériques. Car, contrairement aux métaux, ils sont hétérogènes et anisotropes. Autrement dit, leur structure, faite de fibres et de résines, est complexe et leurs propriétés mécaniques ne sont pas les mêmes suivant la direction des contraintes. Autre particularité : le matériau est conçu en même temps que la pièce elle-même.

Devant la multitude de choix de résines, de direction et de nature des fibres, de nombre de couches de tissus, les possibilités se montrent quasi infinies. Et les dimensions toujours plus importantes des pièces réalisées ne font qu'accroître le problème. « Beaucoup de données sont nécessaires pour décrire le comportement des composites, confirme Patrick De Luca, le responsable solutions composites au sein de l'éditeur de logiciels ESI Group. Mais la simulation a un véritable intérêt économique. » Au stade

La simulation de fabrication pensée par ESI Group facilite la conception de pièces de très grande dimension, ici la pale d'une éolienne.



Le logiciel PAM-RTM, une solution pointue aux défis de la modélisation.

de la conception du matériau, la modélisation peut servir à augmenter ses performances. Déterminer à l'avance les zones où se situeront les efforts mécaniques permettrait, par exemple, de placer les fibres aux bons endroits.

### Optimiser la polymérisation et l'injection

Cette problématique de dimensionnement se pose avec acuité dans l'aéronautique. « En général, les industriels surdimensionnent leurs pièces composites, considère Laurent Delsart, le responsable des programmes de partenariat composites chez Dassault Systèmes. Une marge de sécurité qui induit des surcoûts et ne permet pas vraiment de tirer avantage des propriétés de ces matériaux. » La cinétique de polymérisation des composites - la cuisson des résines - et l'injection dans les moules auraient tout intérêt à être modélisées, tant les réactions chimiques et les phénomènes thermiques mis en œuvre sont nombreux. L'enjeu porte sur le contrôle de la répartition de la matière dans l'espace et la réduction du nombre de bulles de gaz pouvant se former. Là aussi, les performances s'en trouveraient améliorées.

« Le comportement des outillages nécessite également d'être simulé, affirme Christophe Champenois, le responsable du pôle ingénierie des polymères et composites au Centre technique des industries mécaniques (Cetim). La modélisation permet de s'assurer, par exemple, de la bonne homogénéité de la température et de la pression dans les moules de presse et les autoclaves. » L'exigence de cadences de production plus importantes conduit à mettre au point des modèles prenant en compte ces interactions entre matériaux et outils. L'objectif ? Connaître les temps de cycle idéaux pour la production de telle ou telle pièce. L'intégration de tous ces paramètres doit ainsi amener une description au plus juste de la pièce finie : sa géométrie, la direction des fibres, la porosité...

Les éditeurs de logiciel s'adaptent en permanence aux exigences des industriels. Dassault Systèmes a développé la plate-forme logicielle PLM, adaptée aux composites et intégrant toutes les étapes de la vie d'un produit : du design à la fabrication en passant par la simulation. De son côté, ESI Group commercialise une version de PAM-RTM, son logiciel de simulation de fabrication, afin de traiter fidèlement la modélisation de très grands composants, comme les pales d'éoliennes ou les grandes pièces aéronautiques. Pour Airbus, la prochaine étape consiste à mettre au point un programme capable de modéliser l'ensemble d'un appareil, et non plus seulement certains de ses éléments. Un vrai challenge. ■ [PREMIÈRE PUBLICATION EN 2010]



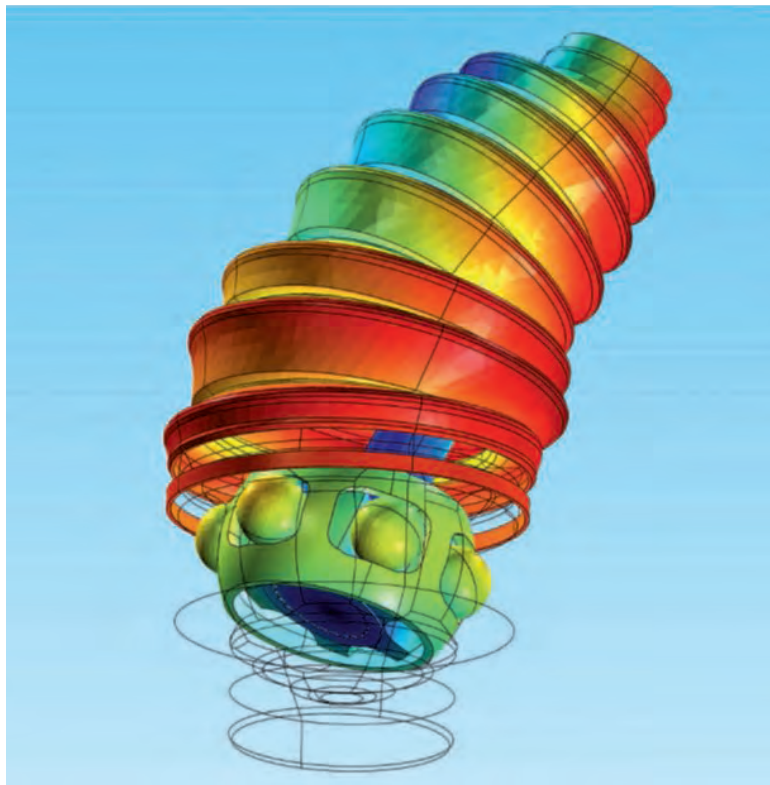
Crédit photo : courtesy of Volkswagen AG

**esi**  
get it right®

**PIONNIER**  
ET **LEADER** DU  
PROTOTYPAGE  
VIRTUEL

Tester, comprendre et créer les futurs produits de manière virtuelle et réaliste.

- Prise en compte du comportement physique des matériaux
- Intégration des procédés & processus
- Expérimentation des futurs produits en 3D grâce à la réalité virtuelle.



**Comsol gère des composants complexes de petite taille, ici un joint de type Rzeppa.**

## Plates-formes

# LE MULTIPHYSIQUE, OU COMMENT MODÉLISER LA COMPLEXITÉ

Sauter l'étape des prototypes en phase de conception implique de disposer de solutions de simulation qui considèrent tous les phénomènes physiques mis en œuvre dans un système.

PAR AURÉLIE BARBAUX

**L**a réalité industrielle est complexe ! Laboratoire sur puce, usinage ultrasonore, airbag, stockage de déchets radioactifs, aquaplaning, matériaux composites, mécatronique... Autant de domaines et d'applications qui font jouer simultanément plusieurs physiques : mécanique, hydraulique, acoustique, électricité, magnétisme, chimie, voire biologie. Chacune a ses lois et ses modèles de simulation, pour la plupart bien maîtrisés (sauf peut-être en tribologie, la science des contacts)... mais indépendants les

uns des autres. Pourtant, en toute rigueur technologique, il faudrait, dès la construction du modèle, réaliser des couplages multiphysiques et des simulations tenant compte des interactions. Simple à dire, plus difficile à mettre en œuvre, tant pour des raisons de conception d'algorithmes et de disponibilité de puissance de calcul, qu'à cause de la rareté des compétences croisées chez les ingénieurs menant ces simulations.

Pour autant, les choses avancent. Certains modèles associant deux physiques sont déjà considérés comme matures. Le couplage structure-fluide s'affiche depuis quelques années au catalogue des grands éditeurs, mais pas toujours avec une méthode optimale. La solution itérative, où les résultats de la simulation d'une physique vont alimenter les calculs de la physique suivante dans une succession de boucles, est bien maîtrisée. « Mais la méthode était grossière. Nous avons besoin de solveurs multiphysiques plus fins et plus intégrés », expliquait Jacques Duysens - aujourd'hui directeur adjoint du HPC Project à Montpellier - alors qu'il pilotait le programme de recherche IOLS du pôle de compétitivité System@tic, clos en 2008.

### Interfacer les solveurs

L'industrie a donc cherché à développer des couplages forts, c'est-à-dire des algorithmes intégrant des paramètres de physiques différentes dans un même modèle ou des modèles optimisant l'échange des données entre solveurs. La première solution reste très complexe. Notamment parce que les maillages utilisés pour modéliser les déformations structurales d'un matériau n'ont généralement rien à voir avec ceux nécessaires à la simulation des écoulements de fluides. La tendance est donc plutôt au développement de plates-formes permettant d'optimiser les interfaces entre solveurs. Mais leur mise au point est longue. Dassault Systèmes, qui avait testé un premier prototype de simulation fluide-structure en 2005, n'a commercialisé sa plate-forme de couplage structure-mécanique des fluides qu'en 2010.

Un éditeur suédois, Comsol, propose pour sa part depuis plus de douze ans une plate-forme de simulation multiphysique de ce type, adaptée aux systèmes de petite taille ou aux géométries peu complexes. Malgré une boîte à outils très fournie en modèles multiphysiques, le logiciel a ses limites. Par exemple, il supporte mal les dynamiques rapides, comme celles intervenant lors d'un crash d'automobile. Mais bonne nouvelle, la puissance informatique nécessaire pour faire tourner des calculs qui peuvent prendre plusieurs jours à converger existe désormais largement. Les supercalculateurs sont là pour ça. Reste à gérer l'impressionnant volume de données produit par ces calculs. Une nouvelle discipline, le SLM ou simulation lifecycle management, est donc apparue pour exploiter industriellement les résultats des simulations. Les premiers outils sont disponibles. ■ [PREMIÈRE PUBLICATION EN 2010]



**Votre rendez-vous  
incontournable !**

**Mercredi 29 MAI 2013**

**Paris**

# SMART INDUSTRY SUMMIT

## INDUSTRIELS, VISEZ LE NUMÉRIQUE

- Identifier les meilleures stratégies de digitalisation de l'industrie pour gagner en compétitivité
- Plus de 300 décideurs réunis autour de plénières et d'ateliers pratiques
- Un espace d'exposition avec les dernières innovations du numérique dans l'industrie

« Accompagner la **mutation numérique** : quel soutien et quel financement attendre du nouveau gouvernement »

« **Reconfigurer votre industrie** grâce au numérique : quels nouveaux produits, services, modes d'organisation »

« **Investir les nouveaux territoires** du numérique : Chine, Inde, Afrique... »

**Avec notamment les interventions de :**

- CONSEIL NATIONAL DU NUMÉRIQUE • INRIA • JOLICLOUD • LA NETSCOUADE • SYNTEC NUMERIQUE / GROUPE OPEN • ORANGE • VIADEO •

Avec le soutien de :



**pactepme**



**L'USINE  
NOUVELLE**

**Programme complet et inscriptions sur : <http://evenements.infopro.fr/usinenouvelle/>**

**Contact : Lamia ALILAT • e-mail : [lalilat@infopro.fr](mailto:lalilat@infopro.fr) • Tél. : +33 (0)1 77 92 99 06**

## Formation **APPRENDRE EN PILOTANT CHEZ THALES**

Le groupe d'aéronautique et de défense développe les performances individuelles et collectives de ses managers grâce à un serious game inspiré d'un de ses simulateurs de vol.

PAR CHRISTOPHE BYS

**A**ux commandes de mon hélicoptère, quand la neige s'est mise à tomber, j'ai senti le stress monter», raconte Patrick Hertrich. Ce directeur juridique chez Thales Optronics n'est ni pilote ni sauveteur bénévole le week-end. Il a simplement joué à SimLead, un simulateur de vol mis au point par Thales pour former ses cadres et ses managers. Gestion du stress, leadership, communication, répartition du travail au sein des équipes, définition d'une stratégie... Autant de compétences que mobilise cet outil ludique en plongeant les joueurs dans des situations de crises virtuelles.

Pour le tester, direction Jouy-en-Josas où se trouve la Thales université, le centre de formation du groupe. Au sous-sol du bâtiment, une salle recrée l'ambiance d'un cockpit d'hélicoptère. Trois participants vont jouer les rôles de chef de bord, de pilote et de navigateur. Philippe Flandin, ex-capitaine de l'armée de terre et animateur du jeu, interprète le préfet du Var et donne ses instructions à l'équipe pour procéder, dans les meilleurs délais, au sauvetage de populations civiles menacées par une inondation. L'équipe dispose de deux hélicos, un



Le simulateur SimLead mobilise les facultés de leadership.

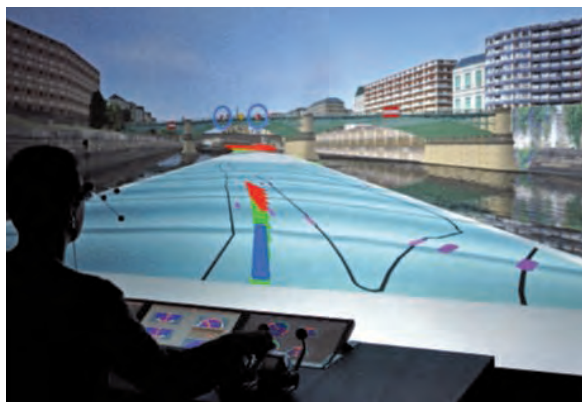
Puma et une Gazelle. L'un des deux chefs de bord coordonne le travail en donnant ses ordres via un microcasque qui sera le seul moyen de communication le temps du jeu.

Si les participants s'amusent, le centre de formation de Thales a avant tout mis au point cet outil, inspiré d'un vrai simulateur de vol développé par le groupe, dans une optique très opérationnelle. «On n'a pas voulu reproduire la vie en entreprise, explique Karine Lejoly, la responsable d'HEC executive education, le partenaire du jeu. En sortant les participants de leur zone de confort, les routines sont cassées, ce qui permet une prise de recul sur soi-même.»

### Enjeux concrets

Le scénario de l'intervention s'adapte aux demandes des managers. La formation s'articule sur une demi-journée de missions et autant pour le debrief avec l'équipe pédagogique. Pour Patrick Hertrich, «le jeu reproduit bien les enjeux des équipes projet». Maintenant, quand il compose ses équipes, il fait attention aux compétences «mais aussi aux personnalités». Quelque 600 managers intermédiaires et 200 cadres dirigeants de Thales sont passés dans le cockpit de SimLead. Des cadres de BNP et de Nissan aussi. Depuis peu, l'aéroport de Strasbourg propose également aux entreprises des sessions de team-building dans son simulateur de Boeing 777. Savoir virer sur l'aile, un nouvel impératif pour les managers. ■

## Simulateur pour apprentis marins



Reviattech et sa navigation virtuelle 3D sécurisent l'apprentissage.

Être marin d'eau douce, ça ne s'improvise pas. Pour appréhender des péniches aux gabarits toujours plus impressionnants, quoi de mieux que d'utiliser un simulateur ? «Le prototype est prêt, il reste à définir son mode de commercialisation», affirme Mehdi Sbaoui, le président de Reviattech, qui conçoit des simulateurs 3D. Cette PME créée en 2008 a fait ses preuves en développant un outil pour DCNS, afin d'apprendre à éjecter les poubelles d'un sous-marin ! Dans le cadre du projet OSE de formation pour le transport fluvial par environnement virtuel informé, il s'est associé à l'Université de technologie de

Compiègne (UTC) et notamment avec le doctorant Loïc Fricoteaux. Le projet a été conçu à partir d'un simulateur de navigation existant. Un module innovant a été ajouté pour les formations personnalisées. Le système observe le comportement de l'apprenti marinier en tenant compte de son pilotage, de ses erreurs de navigation et de son niveau de stress. Grâce à un module décisionnel, il est possible de déterminer en temps réel le meilleur guidage avec des aides visuelles et des messages sonores. Objectif scientifique : renforcer le couplage action-perception entre l'humain et l'environnement virtuel informé. ■ O. C.



Au cœur de l'**innovation**

**numérique**

le **Campus**  
**Teratec**

&

le **Très Grand**  
**Centre de calcul**  
du **CEA**



### **Industriels**

Présence sur le site des industriels du HPC - grands groupes et PME - et fourniture aux entreprises de toutes tailles de services de conception numérique et de simulation associés aux moyens de calcul les plus performants.

### **Laboratoires**

Regroupement sur le site de plusieurs laboratoires de recherche industrielle couvrant toute la chaîne du HPC depuis les composants et les systèmes jusqu'aux logiciels et aux applications.

### **CCRT**

300 téraflop/s de puissance de calcul sécurisés, au service de grands industriels mutualisant avec le CEA, compétences, coûts et risques au travers de partenariats durables.

Contacts et demande  
d'informations

**Campus TERATEC** : Tél. +33 (0)9 70 65 02 10 • [jean-pascal.jegu@teratec.fr](mailto:jean-pascal.jegu@teratec.fr) • [www.teratec.eu](http://www.teratec.eu)  
2 rue de la Piquetterie - 91680 Bruyères-le-Châtel - France

**CEA - TGCC** : Tél. +33 (0)1 69 26 46 01 • [francois.robin@cea.fr](mailto:francois.robin@cea.fr) • [www.hpc.cea.fr](http://www.hpc.cea.fr)  
2 rue de la Piquetterie - 91680 Bruyères-le-Châtel - France

# bullx

Conçu sans compromis pour  
INNOVER SANS LIMITE



Chaque jour des milliers de chercheurs et d'ingénieurs utilisent les supercalculateurs bullx™ pour accélérer leurs travaux de recherche et concevoir de nouveaux produits. Équipés de processeurs Intel® Xeon® des familles E5 et E7, les supercalculateurs bullx sont parmi les plus puissants au monde. Ils confirment le savoir-faire acquis par Bull dans le développement de technologies de calcul de très grande puissance.

The BULL logo, featuring the word "BULL" in a bold, grey, sans-serif font with a small green square above the letter "B".