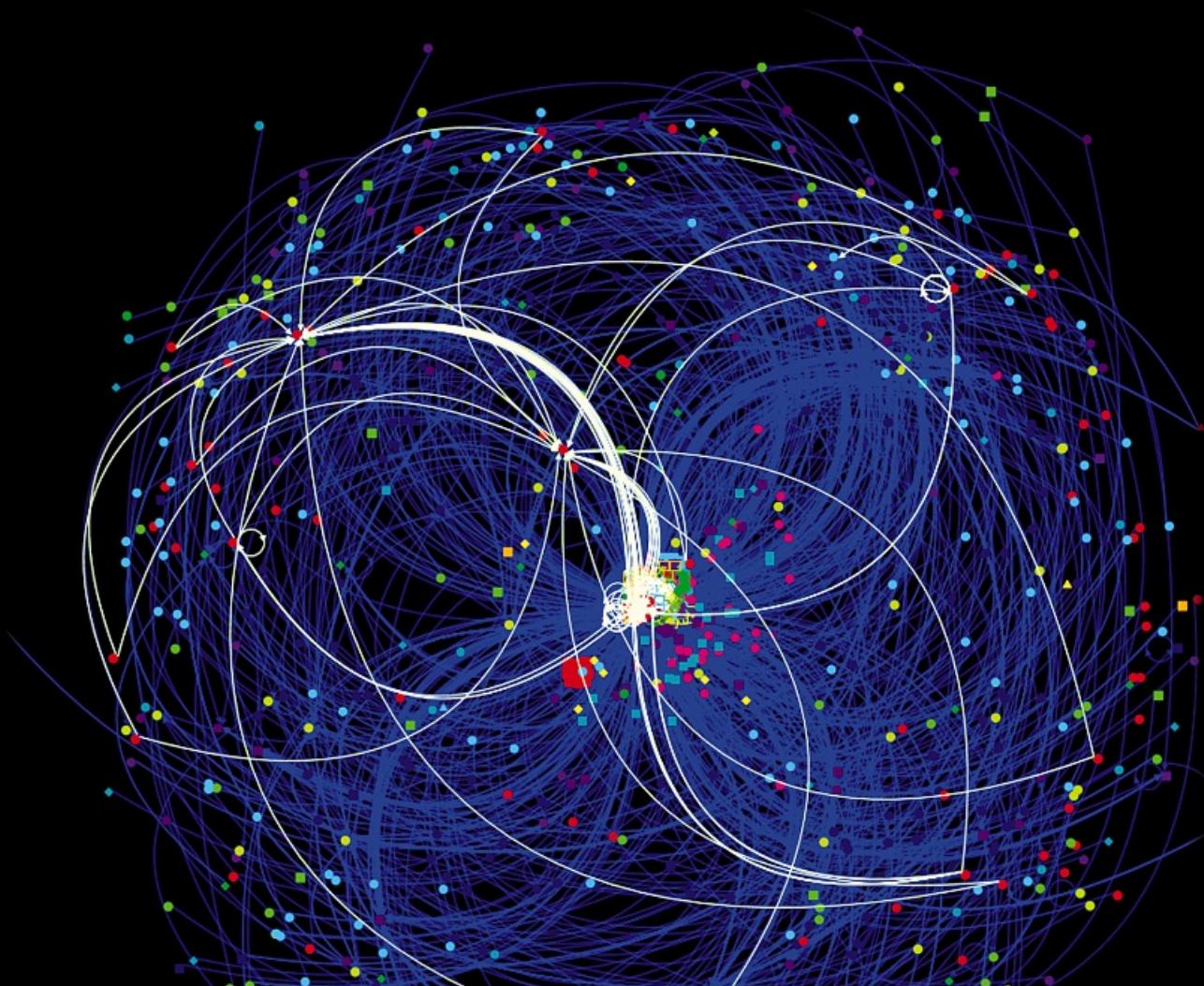


SUPPLÉMENT DU 3418 . 9 AVRIL 2015 . NE PEUT ÊTRE VENDU SÉPARÉMENT



SIMULATION

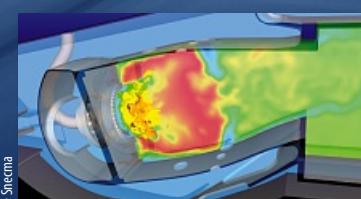
LE BIG BANG DES BIG DATA

Un tremplin pour **L'INNOVATION** industrielle

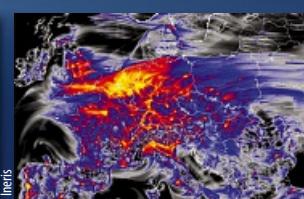
Localisé dans le Très Grand Centre de Calcul du CEA (TGCC), à Bruyères-le-Châtel (Essonne), le CCRT offre à ses partenaires la puissance de calcul nécessaire à leurs simulations, et les compétences des équipes du CEA dans toutes les disciplines scientifiques liées à la simulation numérique.



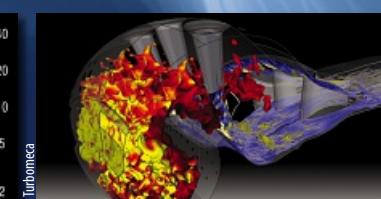
Airain,
calculateur
du CCRT
(420 Teraflops).



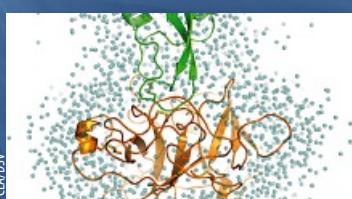
Simulation de la combustion ultra low émissions du moteur Snecma "Silvercrest" pour avions d'affaires - **Snecma**.



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**

LES PARTENAIRES ACTUELS DU CCRT :

Airbus D&S, Areva, EDF, Herakles, Ineris, L'Oréal, Snecma, Techspace Aero, Thalès, Thalès AleniaSpace, Turbomeca, Valéo, sont partenaires du CCRT ainsi que quatre pôles du CEA (sciences de la matière, énergie nucléaire, applications militaires et sciences du vivant) et le projet France Génomique, soutenu par le PIA.

EN ATTENDANT LA SIMULATION DE SERVICES...

Sommaire

ENTRETIEN

Yann Barbaux, directeur innovation d'Airbus **P. 4**

ESSENTIEL

Un an de simulation **P. 6**

DOSSIER

Le big bang du big data **P. 8**

Les surdoués de la donnée **P. 12**

8 cas d'école **P. 16**

PORTFOLIO

Au-delà du réel **P. 24**

RECHERCHE

Le corps humain modélisé **P. 28**

NUCLEAIRE

Simuler la fusion pour remplacer les essais **P. 34**

SUCCESS STORY

Spring domine la simulation d'usinage **P. 38**

CHIMIE

Reach assisté par ordinateur **P. 40**

CONCEPTION

Retour à la case départ pour les composites **P. 42**

PRODUCTION

Simuler l'usinage et bien au-delà **P. 45**

Président-directeur général : Christophe Czajka

Directeur général délégué : Julien Elmaleh

Directeur du pôle industrie : Pierre-Dominique Lucas

Directeur de la rédaction : Thibaut De Jaeger

Directrice adjointe de la rédaction : Anne Debray

Coordinatrice éditoriale : Aurélie Barbaux

Chef d'édition : Guillaume Dessaix

Direction artistique : Eudes Bulard

Ont participé à ce numéro : Dorothee Coelho et Rebecca Lecauchois

(secrétariat de rédaction) ; Charlotte Calament (maquette) ;

Jean-François Prevéraud (éditeur) et la rédaction de

« L'Usine Nouvelle » Supplément de « L'Usine Nouvelle » n° 3418

du 9 avril 2015 (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 : Nodexl



Selon les analystes, 2015 sera l'année de l'expérimentation des big data. Notre enquête «Le big bang du big data» le confirme. Les entreprises ont compris que cette nouvelle approche de l'analyse de données ne se limite pas au champ du marketing. Sans forcément attendre d'avoir réglé les problèmes d'organisation ou de propriété de la donnée, elles multiplient les projets, à l'instar d'Airbus. Si le potentiel est immense, que ce soit pour la maintenance préventive, le dépistage de faille, l'anticipation de comportement de systèmes complexes... faire parler les avalanches de données n'est pas sans risque. Certes, trouver des corrélations dans un lot d'informations pour établir des règles de comportements vertueux d'un système n'est pas nouveau. L'informatique décisionnelle le permet depuis longtemps. Mais les «3 v» du big data (volume énorme, variété des formats et vitesse jusqu'au temps réel), ne font pas que compliquer la tâche des services informatiques et des statisticiens. Pour mener à bien des projets de big data, il faut décloisonner, casser les silos et s'ouvrir sur l'extérieur. Fini la tour d'ivoire du service calcul! Surtout, les big data ne sont pas là pour valider des hypothèses, mais pour en trouver de nouvelles. Elles obligent à accepter que ce que l'on va découvrir puisse être contre-intuitif ou même remettre totalement en cause les pratiques menées jusque-là. Enfin, le big data pourrait bouleverser les hiérarchies. «Beaucoup d'experts autoprotégés voient leur avis contesté à la lumière du big data, dont les perspectives et les prédictions s'avèrent bien plus exactes», prévient Viktor Mayer-Schönberger, professeur à l'Institut internet d'Oxford. Le big data ne va sûrement pas remplacer, ni même menacer, la simulation numérique. Mais en plaçant la donnée au cœur des nouveaux modèles d'affaires, le big data va changer non seulement le travail de tous, mais aussi le produit qui se fait service. ■



**AURÉLIE
BARBAUX**

**« En plaçant la donnée au cœur
des nouveaux modèles d'affaires,
le big data va changer le produit
qui se fait service. »**

Entretien

« LA PROPRIÉTÉ DES DONNÉES EST DEVENUE UN ENJEU »

Pour **Yann Barbaux**, le directeur innovation d'Airbus, la simulation de toutes les interactions d'un appareil et l'exploitation des big data sont essentielles à la création de nouveaux services.

PROPOS RECUEILLIS PAR OLIVIER JAMES

Qu'attendez-vous de la simulation numérique ?

Un avion est une bête compliquée, d'un point de vue physique et technique. Il évolue qui plus est dans un environnement changeant. Nous savons simuler certains scénarios d'interaction entre les différents systèmes d'un avion que sont le cockpit, les moteurs ou bien les trains d'atterrissement, mais pas encore l'ensemble de ceux qui nous sont demandés par nos architectes.

Vos outils de calcul évoluent-ils ?

Jusqu'à présent, avant d'assembler un appareil, une fois les équipements définis, nous construisions un avion « zéro » dans un hangar, que nous appelons l'« iron bird » (l'oiseau de métal), comme ce fut le cas avec l'A 350 XWB. Cet iron bird comprend tous les systèmes de l'avion, mais pas les éléments de structures. Cela nous permettait de vérifier le bon fonctionnement de l'appareil avant d'assembler le premier avion. Aujourd'hui, l'un des axes majeurs est la mise au point de ce que nous appelons le « virtual iron bird », autrement dit la simulation de l'ensemble des interactions entre les différents systèmes de l'avion.

N'est-ce pas le rôle de la maquette numérique ?

Non, la maquette numérique n'est qu'une définition géométrique de l'appareil. Ce n'est pas parce vous avez la carte de France que vous savez comment se comportent les Français. Ce n'est pas parce que vous avez la définition géométrique d'un avion que vous savez comment interagissent ses différents systèmes. Il y a différents types de simulations. Celle que je viens de décrire concerne la phase de développement de l'appareil.

De quel autre type de simulation avez-vous besoin ?

Une simulation plus en amont qui aide à la définition même de l'appareil, juste après en avoir élaboré les premières spé-

cifications. Elle devra également descendre peu à peu dans le détail jusqu'à simuler la moindre pièce et prendre en compte l'aérodynamisme, l'écoulement des fluides et de très nombreux paramètres physiques. Notre objectif est de développer une maquette numérique fonctionnelle qui permettrait de faire tourner des boucles d'interactions pour vérifier la cohérence avec la définition initiale de l'avion. Elle n'existe pas encore, en raison de la très grande variété - et la complexité - des phénomènes physiques.

Votre objectif est-il de simuler l'ensemble d'un avion ?

Je ne suis pas certain qu'il y aurait un intérêt réel... Il faudrait mettre au point une simulation numérique de l'ensemble de l'avion, mais par parties. Entre un modèle global qui simule l'aérodynamique d'un appareil et un autre qui décrit le comportement d'un panneau de voilure, les échelles sont trop éloignées. C'est d'une maquette multi-échelle capable de passer du local au global dont nous avons besoin, au même titre que les physiciens tentent de trouver un modèle pour passer du microscopique au macroscopique. C'est un rêve atteignable dans les cinq prochaines années peut-être, si l'on s'y met sérieusement.

Quel gain de temps espérez-vous ?

Pour un avion complètement nouveau, nous pourrions réduire de dix mois le développement, par rapport à un cycle complet de soixante mois en moyenne, entre la décision de le produire et son entrée en service. Mais la réduction du temps n'est pas la seule retombée attendue. Elle concerne aussi la qualité des pièces. Le sens commun nous amène à penser que les essais physiques sont plus fiables que la simulation. Sauf que chacun de ces essais correspond à un point de fonctionnement. Avec la simulation, on peut introduire une dispersion des données, autrement dit, simuler un très grand nombre d'essais dans des cas de figure différents. On accède alors à une approche statistique des performances.

La simulation peut-elle servir à certifier une pièce ?

Certifier une pièce sur la seule base de la simulation numérique, on peut en rêver. Mais nous préparons déjà cette certification par le calcul. Pour l'A 318, nous avons exploité la simulation numérique pour la certification du positionnement des antennes. Il s'agit d'un cas complexe. Les antennes sont perturbées par la structure et elles se perturbent entre elles. Nous avons su démontrer aux autorités de certification que l'on pouvait avoir une approche numérique en mettant en évidence les similitudes et différences avec les avions déjà certifiés.



« L'un de nos axes majeurs est la mise au point du « virtual iron bird », autrement dit la simulation de l'ensemble des interactions entre les différents systèmes de l'avion. »



Ce principe pourrait-il être étendu à d'autres pièces ?

La simulation numérique pourrait permettre de réduire les essais les moins utiles, et de faire « mieux » les essais nécessaires et uniquement ceux-là. Nous voulons accroître les essais physiques en phase préliminaire pour augmenter la quantité de données disponibles et les réduire dans une phase plus avancée du développement, ce dernier étant long et coûteux, et pas toujours le plus riche en enseignement !

Peut-on imaginer une certification 100 % numérique ?

Une évolution culturelle est en train de voir le jour. Mais pour que la certification via le numérique soit acceptable, il faut que nous ayons au préalable défini des règles sur les données acquises, sur la robustesse du modèle numérique et les responsabilités de chacun. L'un de nos chantiers repose aujourd'hui sur la gestion des incertitudes.

Qu'entendez-vous par gestion des incertitudes ?

Dans la simulation numérique, les incertitudes sont issues des données provenant d'essais, mais aussi des logiciels. La simulation numérique n'est clairement pas déterministe. On se doit de vérifier comment ces incertitudes se propagent dans les différents modèles ! Cela peut être traité de manière analytique, via les mathématiques. Ou par une approche directe qui consiste à faire tourner plusieurs fois le cas avec une approche statistique qui s'apparente alors à une série d'essais physiques.

S'ouvre alors devant vous le défi de la gestion du big data...

Oui, nous avons d'ailleurs centralisé nos ressources en supercalculateurs à Toulouse et Hambourg. Grâce aux technologies de big data, nous pouvons déjà réduire le temps d'analyse des données en vol pour la certification. La fouille dans les données nous est aussi utile pour imaginer des services aux compagnies aériennes. Quand on rassemble celles de l'avion, on peut en optimiser l'exploitation et réduire la consommation de carburant, par exemple. En synthétisant les données sur l'état d'une flotte d'avions en vol, on pourrait optimiser le trafic aérien et développer la maintenance prédictive des avions. Nous réfléchissons à nous organiser autrement pour aller plus loin sur ce sujet.

Comment organisez-vous le partage de données ?

Comme on donne beaucoup de valeurs aux données, personne ne veut les échanger. Leur propriété est devenue un enjeu. L'apparition du « chief data officer » prouve la sensibilité croissante de ce sujet. Concernant la maintenance prédictive, certaines données appartiennent à la compagnie aérienne, d'autres à Airbus ou aux sous-traitants. Or pour les exploiter, il faut l'ensemble de ces données. Les modèles économiques ne sont pas clairs. Et une fois collectées, encore faut-il savoir les exploiter ! C'est un enjeu technique fondamental auquel nous nous attaquons très sérieusement, car, demain, le big data pourraient nous donner les moyens d'identifier de la valeur là où nous ne pensions pas en trouver... ■

L'ÉVÉNEMENT**Décollage imminent du plan Supercalculateurs**

Le plan Supercalculateurs de la Nouvelle France industrielle est sur les rails. Plusieurs annonces importantes sont prévues en 2015 et devraient donner forme aux ambitions du programme piloté par Teratec, tant dans les technologies des supercalculateurs que dans l'utilisation de la simulation numérique. Mais tous les secteurs industriels ciblés par le plan ne montrent pas le même dynamisme. Pour les matériaux – dont tout le cycle de vie est concerné –, un laboratoire commun est en cours de montage par les grands industriels français du secteur (métaux, polymères...). Ils pourront ainsi partager problèmes et méthodes de résolutions. L'annonce doit tomber avant l'été 2015. Moins attendu, le

Un supercalculateur de 150 Pflops, fondé sur l'architecture de Bull, est annoncé pour 2016.

secteur du végétal (agriculture et agroalimentaire) s'empare aussi de la simulation numérique.

Une technopole dédiée au végétal, qui réunira des entreprises (John Deere, Limagrain...), des laboratoires (Inra, BRGM...) et des spécialistes de la modélisation (CybeleTech, Teratec), sera construite près d'Orléans (Loiret). Ces deux secteurs, tout comme les autres ciblés par le plan (santé, systèmes urbains, industries manufacturières, énergie, multimédia), font l'objet d'un appel à projets lancé dans le cadre des investissements d'avenir.

« La santé est un gros consommateur potentiel de calcul intensif, mais on a du mal à débloquer les énergies pour avancer », reconnaît Hervé Mouren, le directeur de Teratec. Du côté des technologies, l'heure est à l'optimisme. Un supercalculateur de 150 Pflops, consommant beaucoup moins d'énergie que les machines actuelles et fondé sur l'architecture proposée par Bull, est annoncé pour 2016. La première étape vers l'exaflops (1000 Pflops), qui devrait être atteint en 2020. « Nous sommes en avance sur la feuille de route », affirme Gérard Roucaïrol, le responsable du plan. Par ailleurs, des calculateurs dédiés aux problèmes relevant du big data seront développés dans un laboratoire associant de grands industriels étrangers installés en France. Annonce prévue, là encore, avant l'été. ■ THIERRY LUCAS

Astrophysique**VOL SPATIAL... DANS UN CAISSE**

Pour tester l'instrument Nisp (Near infrared spectrometer and photometer), qui sera envoyé dans l'espace en 2020 pour scruter l'univers, le laboratoire d'astrophysique de Marseille (LAM, CNRS - université d'Aix-Marseille) a bâti un caisson de 90 m³ (45 m³ utiles) baptisé Erios. Il reproduira les conditions d'un vol spatial avec un vide poussé (10⁻⁶ mbar) et une température de -196°C. Une enveloppe interne de 500 litres d'azote liquide assure le refroidissement. De plus, pour garantir la stabilité, et donc la précision



Erios, la cuve qui simule un vol spatial.

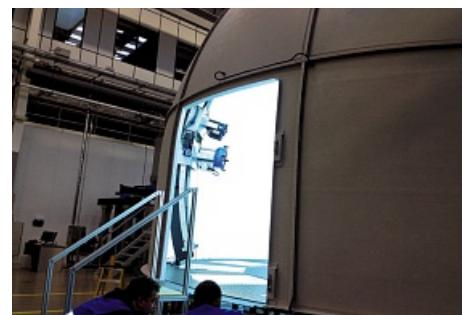
des mesures, la table qui supporte l'instrument est reliée à une masse de béton de 100 tonnes en sous-sol et prend appui sur des piliers par l'intermédiaire de boîtes à ressorts. Le LAM est le maître d'œuvre du Nisp, l'un des deux instruments de la mission Euclid lancée par l'Agence spatiale européenne. ■ THIERRY LUCAS

Open source**KWANT DÉCRIT LES SYSTÈMES QUANTIQUES**

Le CEA-Inac, en collaboration avec les universités de Leiden et de Delft, a conçu le Kwant. Mise à disposition des physiciens sur le net, cette plate-forme de simulation open source permet d'étudier les systèmes de physique quantique. Le logiciel fonctionne dans un cadre théorique appelé liaisons fortes et simule des échantillons ou des modèles simplifiés des systèmes. « Il intègre les concepts de base. Les physiciens y décrivent leur système quantique en écrivant leurs équations sur l'ordinateur comme sur un tableau noir », explique Christoph Groth, du CEA. Kwant sert de base à t-Kwant, qui calcule le transport quantique radiofréquence résolu en temps réel, et à ee-Kwant, qui résout les corrélations à N corps. ■ J.-F.P.

Aéronautique**UN SIMULATEUR DE CIEL POUR COCKPITS**

Afin de développer des postes de pilotage opérationnels quelles que soient les conditions d'éclairage, l'avionneur chinois Avic a fait appel à Optis. Le français a mis au point le centre de simulation Sky simulator, capable de valider virtuellement les cockpits en reproduisant n'importe quelle condition de vol. Une première mondiale. Cette solution en forme de sphère couvre l'intégralité des conditions de lumière ambiante rencontrées en vol, notamment les plus mauvaises (effets du soleil et de la lune, nuages, aube...). Cet outil associe des valeurs réelles et calibrées de luminance du ciel pour des tests de me-



La conception du Sky simulator a pris dix-huit mois.

sures, à des applications de réalité virtuelle pilotées par les algorithmes photométriques physiques du logiciel Speos. Ce dernier sert à enterrer, via un même environnement, des modèles numériques de cockpits en début de process et le cockpit réel final. ■ J.-F.P.

Informatique

UN SUPERCALCULATEUR EXAFLOPIQUE EN 2020

En 2014, le Japon a lancé son projet de supercalculateur exaflopique. L'objectif étant de disposer, à l'horizon 2020, d'un monstre de calcul d'une puissance de 1 exaflop, soit 10^{18} ou 1 milliard de milliards d'opérations en virgule flottante par seconde. Sa construction a été confiée à Fujitsu, qui a signé le K computer, le supercalculateur japonais le plus puissant aujourd'hui avec 10,5 petaflops (1 petaflops équivaut à 10^{15} ou 1 million de milliards d'opérations en virgule flottante par seconde). L'investissement s'élève à 130 milliards de yens, l'équivalent



Un monstre du calcul voit le jour à Kobe.

de 1,01 milliard d'euros. Le futur supercalculateur, dont la conception devrait être achevée cette année, sera installé à l'institut Riken d'informatique avancée, à Kobe, où se trouve le K computer. ■ R. L.



Marie-Paule Cani est enseignant-chercheur à Grenoble INP-Ensimag.

Collège de France

MARIE-PAULE CANI DÉFEND LA 3D

Marie-Paule Cani, chercheuse en informatique graphique, prend en charge en 2015 la chaire annuelle d'informatique et sciences numériques du Collège de France. Elle souhaite y partager sa vision de ce que peuvent apporter la création et la simulation numérique 3D. Elle ambitionne même de concevoir un nouveau média numérique 3D intuitif, qui pourrait devenir un outil aussi facile à utiliser qu'un crayon pour créer et raffiner progressivement des objets 3D statiques ou animés. « Via des tablettes pour dessiner, manipuler des contenus 3D et les mettre en mouvement, cet outil constituerait une véritable révolution des méthodes de travail dans de nombreux domaines », imagine-t-elle. ■ J.-F. P.

Recherche

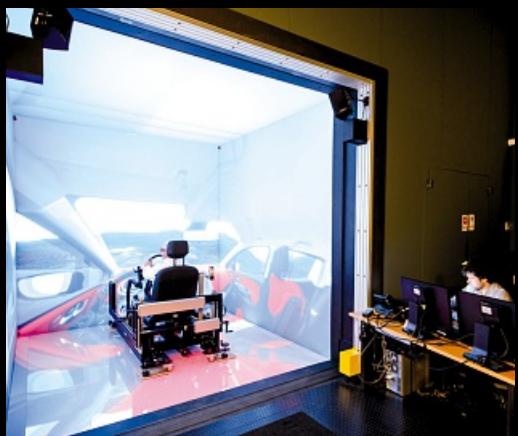
UNE CHAIRE SMART GRID

RTE et Centrale Nantes créent une chaire de recherche et d'enseignement dédiée à l'analyse et à la commande des réseaux électriques intelligents. Les recherches porteront sur l'échelle de la représentation du réseau, les modèles de simulation actuels ne permettant pas une exploitation en temps réel. Objectif : apporter d'ici à cinq ans des réponses au besoin de pilotage de smart grids, qui intègrent davantage de sources d'énergie renouvelable, intermittente et décentralisée.

CNRS

LA SIMULATION SUR LES FISSURES MÉDAILLÉE

La médaille d'argent 2014 du CNRS a été attribuée à Nicolas Moës, professeur à Centrale de Nantes. Expert en mécanique numérique, il est connu pour avoir co-inventé la méthode X-FEM, fondée sur les éléments finis étendus, qui permet de modéliser la propagation d'une fissure en 2D et 3D, sans changer de maillage en cours de propagation. Utile dans le domaine des matériaux composites, de la géologie et du traitement d'images.

70 millions de pixels 3D pour simuler à échelle 1

Renault dispose de l'Iris (Immersive room and interactive system), un système de visualisation 3D immersif de très haute définition. Ce simulateur de 3 x 3 x 3 mètres, réalisé par Mechdyne, est doté de cinq faces actives et affiche une définition de 70 millions de pixels 3D. Fonctionnant à 60 Hz, Iris calcule 19 nouvelles images toutes les 16 millisecondes, une pour chaque projecteur Sony à très haute définition placé derrière les écrans. Ce traitement en temps réel est assuré par une vingtaine de PC HP, qui développent l'équivalent d'une vingtaine de téraflops. Il sert à visualiser un véhicule dans une scène 3D en relief à l'échelle 1 et à l'analyser en temps réel dans tous ses détails. ■ JEAN-FRANÇOIS PÉVÉRAUD





Analyse prédictive

LE BIG BANG DU BIG DATA

Bien plus qu'une technologie pour exploiter de gros volumes de données et prévoir le comportement de systèmes, le big data est une nouvelle culture qui bouleverse les organisations.

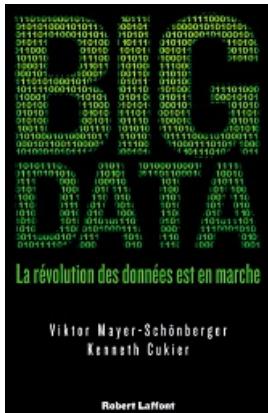
PAR AURÉLIE BARBAUX

La simulation numérique sera-t-elle abandonnée au profit du big data ? Non. Si la gestion de données toujours plus massives oblige à repenser notre façon d'appréhender le réel, modéliser un système à partir de ses composants, et faire tourner ce modèle en changeant les paramètres d'entrée, a de l'avenir. En particulier pour accélérer les travaux de R&D. Mais le big data bouscule tout. Apparu chez Google pour exploiter l'avalanche de données liées aux requêtes, il incarne une nouvelle technologie pour les uns, une nouvelle culture pour les autres, mais reste surtout perçu sous son angle technologique. Dépourvu de définition rigoureuse, il a été néanmoins décrit par le cabinet Gartner selon la règle des «3v», pour «vitesse, volume et variété». Trois paramètres qui sont à l'origine de nouveaux outils, pour le stockage et le calcul distribué.

Ce changement technologique n'est que la partie émergée de la révolution big data. «Nous savons désormais mesurer tous les aspects du réel. Mais notre rapport aux données change, car les produire ne coûte plus rien», prévient Henri Verdier, l'administrateur général des données de l'État français, dans un entretien pour l'ouvrage collectif «Big, fast&open data», publié par l'Epita et Fyp Éditions. C'est cette quasi-gratuité de la mise en données du monde, via des capteurs en tout genre, qui va bouleverser la manière dont les scientifiques pourront comprendre, voire simuler,

Représentation graphique de données Twitter, avec le logiciel de data visualisation NodeXL.

LA NAISSANCE D'UNE RÉVOLUTION



Dans l'univers du big data, Viktor Mayer-Schönberger, professeur à l'Institut internet de l'université d'Oxford, est une référence. Publié en 2013, son livre « Big data », coécrit avec Kenneth Cukier, journaliste à « The Economist », l'est tout autant. Pas un rapport ou un ouvrage qui n'y fasse référence ou reprenne les exemples d'utilisation de cette manière d'exploiter les données, pas si nouvelle. Déjà, au XIX^e siècle, le cartographe américain

Matthew Fontaine Maury avait

systématisé la collecte de données de navigation pour tracer des cartes marines tenant compte de l'expérience de navigateurs correspondant par bouteilles à la mer ! La numérisation du monde systématisé aujourd'hui cette approche, qui permet de ne plus travailler sur des échantillons mais des données complètes, même imparfaites et surtout issues de sources diverses.

Mais pour se prémunir des jugements a priori, comme dans le film « Minority Report » de Steven Spielberg, les deux auteurs proposent de soumettre les algorithmes au contrôle d'« algorithmistes » assermentés. Une piste à suivre. ■■

les systèmes complexes, autant dans les sciences dures que dans les sciences humaines. En premier lieu, parce que les scientifiques, habitués à la rareté des informations pertinentes et aux échantillonnages, peuvent désormais travailler sur des données complètes. Avec le big data, il est possible de discerner la réalité à l'échelle. Ce qui permet même d'être moins exigeant sur l'exactitude de ces informations, souvent en désordre, de qualité variable et issues d'innombrables sources. Travailler sur des données complètes, même imparfaites, permettrait surtout de prendre du recul vis-à-vis du principe de causalité, souvent source d'erreur et de mauvaise interprétation, explique Viktor Mayer-Schönberger dans le livre « Big data » [lire ci-dessus].

Le principe du big data est de découvrir des corrélations révélant des tendances, mais sans en expliquer l'origine. Une corrélation ne fait que quantifier la relation statistique entre deux valeurs. Elle sera forte, si la seconde valeur a de grandes chances de changer quand la première est modifiée. Les corrélations n'apportent aucune certitude, que des probabilités. Elles ne disent pas pourquoi quelque chose se produit, mais simplement qu'elle se produit. Le big data s'attaque au « quoi » et non au « pourquoi ». Avec une grande précision. Conséquence, plus besoin d'émettre des hypothèses et de les vérifier. Il suffit de laisser parler les données et d'observer les connexions, dont on n'aurait parfois même pas soupçonné l'existence.

Une approche qui trouve sa force dans la prévention de défaillances mécaniques et structurelles, dans la prédition

des réactions biologiques à des composés chimiques, à la détection des pannes de voitures ou de fraudeurs... « Cette analyse prédictive permet d'obtenir des modèles auxquels nous n'avions pas pensé », avance Charles Parat, le directeur innovation de l'entreprise de services du numérique Micro-pole. Pour certains, cela n'aurait rien de vraiment nouveau. « Le big data n'est qu'une évolution de la business intelligence. On le fait depuis très longtemps. Toute la simulation de HP est déjà du big data », explique Didier Kirszenberg, le responsable France des architectures massive data chez HP France. Sauf que le passage à l'échelle « n=tout » et au temps réel chamboule tout. « Nous avons découvert que les modèles apprenaient plus vite avec un très grand nombre de données imparfaites, incomplètes, qu'avec un petit nombre de données efficaces », rappelle Henri Verdier. Le « machine learning », ou apprentissage statistique, cristallise d'ailleurs la plupart des développements du big data.

Pour tenir ses promesses, celui-ci doit opérer une autre révolution, dans l'organisation cette fois. « Il nécessite une approche interdisciplinaire, avec des mathématiciens, des statisticiens, des roboticiens, des experts métiers... », explique Stéphan Cléménçon, enseignant-chercheur à Télécom Paris-Tech et titulaire de la chaire Machine learning for big data.

Se poser les bonnes questions

Mais la gouvernance des données pose problème. « D'autant plus que les data scientists ne se contentent plus des données internes, mais vont chercher des données extérieures, qui ont un pouvoir prédictif sur le système », observe Marc Batty, le directeur commercial de Dataiku. Lancer des projets de big data oblige donc non seulement à casser les silos en interne et à mixer les compétences, mais aussi à se poser de nouvelles questions. « La plus grande difficulté pour les entreprises réside dans leur capacité à oser s'interroger, observe Laurent Letourmy, le cofondateur de l'agence de conseil Ysance, dans un entretien avec l'Epita. Le fait d'oser imaginer une question n'est ni particulièrement simple ni très naturel. » Ainsi, un groupe comme PSA, qui pensait utiliser les métadonnées issues des capteurs des voitures pour la maintenance prédictive a été amené à s'interroger sur l'usage des voitures !

Quant au rapport au risque, il s'en trouve totalement modifié. Ces énormes bases de données ne sont plus là pour valider des hypothèses, mais pour en trouver de nouvelles. Ce que l'on en retire peut donc se révéler contre-intuitif, voire remettre totalement en cause les pratiques menées jusqu'à là. Les entreprises doivent pouvoir accepter d'abandonner un projet ou de le réorienter brutalement, à l'image de ce que font les champions du numérique les plus agiles. « Les big data se comportent un peu comme le capital-risque. Peut-être que sur cinq projets un seul sera valable », prévient Charles Parat. Enfin, le big data pourrait bouleverser les hiérarchies. « La prise de décision se démocratise sur le lieu de travail et beaucoup d'experts autoproposés voient leur expertise remise en cause à la lumière du big data, dont les perspectives et les prédictions s'avèrent bien plus exactes », avertit Viktor Mayer-Schönberger. Mieux vaut en être conscient. ■■

LA BOÎTE À OUTILS DU DATA SCIENTIST

Pour faire parler les big data, le data scientist utilise des outils d'infrastructure, qui collectent, stockent et préparent les données, quels que soient leur source ou leur format (structuré, semi-structuré ou non structuré). Puis, avec les outils d'analyse et de visualisation, que l'on retrouve dans le « machine learning » (apprentissage statistique), il rend les données intelligibles et exploitables.

LES OUTILS D'INFRASTRUCTURE

Les bases NoSQL (No structured query language) stockent et gèrent de gros volumes de données structurées ou non. Les principales sont MongoDB, Apache Cassandra, HBase et Amazon dynamoDB en open source. Chez les éditeurs, elles s'appellent Vertica (HP), NoSQL Database (Oracle) ou Document DB (Microsoft). Les frameworks de calcul distribué séparent les requêtes des algorithmes, les distribuent à des nœuds parallélisés (cluster) et rassemblent les résultats (reduce). Le plus connu est Hadoop, une solution open source de la fondation Apache, initialement développée par Yahoo, et qui intègre des outils comme MapReduce, Goo-

gleFS et BigTable développés par Google. Un remplaçant, Spark, arrive sur le marché.

LES OUTILS D'ANALYSE

R et Python sont les deux principaux langages open source pour écrire les algorithmes. Il existe aussi des modules préprogrammés, comme Apache Mahout pour le machine learning sur Hadoop. Enfin, les outils de l'éditeur Tableau se distinguent pour la visualisation.

Les data scientists utilisent également des outils du marché, hérités des technologies de data mining comme SPSS d'IBM ou les logiciels SAS. IBM propose aussi un outil en ligne, Watson Analytics, service cognitif fondé sur le langage naturel, qui charge des jeux de données dans le cloud pour trouver des pistes d'exploitation. Certains data scientists commencent également à partager des algorithmes spécialisés, comme PredPol qui identifie les pics de délinquance et les cartographies. Sans parler des start-up qui développent des algorithmes spécifiques pour fournir des services clés en main [lire page 12]. ■

The diagram illustrates the tools of the data scientist, showing the flow from infrastructure to analysis and visualization. It features a central vertical axis with three colored lines (orange, blue, and yellow) representing data flow. On the left, three circular icons represent 'Predictive modeling & design optimization': a car, gears, and a factory. On the right, three circular icons represent 'Integration scalability & seamless connectivity': a train, a laptop, and a network diagram. At the top, three circular icons represent 'Visual engineering analytics': a construction site, a medical stethoscope, and a camera. The text 'Meet your Engineering Challenges' is positioned above the central axis. Below the axis, there is a QR code and the text 'Design for real Optimus® Software for CAD/CAE/CAM Process Integration & Design Optimization'. The Noesis logo is at the bottom left.

Visual engineering analytics

Predictive modeling & design optimization

Integration scalability & seamless connectivity

Meet your Engineering Challenges

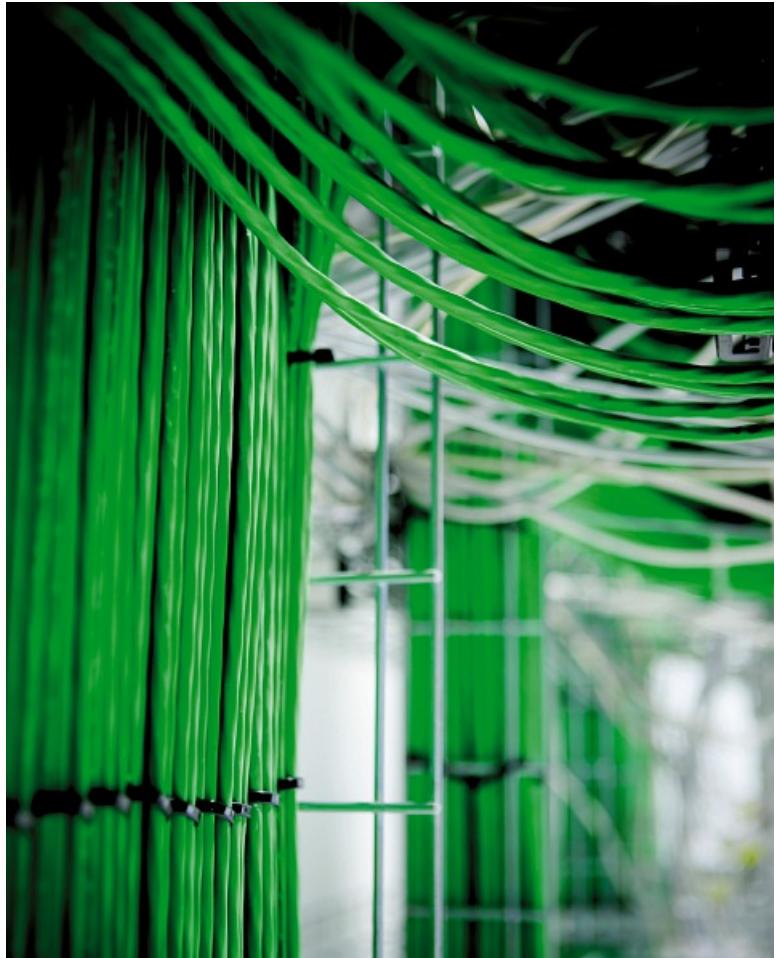
Accelerate Design Decisions
Achieve Key Product Performances
Automate Design Engineering Processes

Design for real
Optimus®

Software for CAD/CAE/CAM Process Integration & Design Optimization

Check out pages.noesissolutions.com/un2015

noesis
Empower your experience



Analyser les mégadonnées, une spécialité française.

French tech

LES SURDOUÉS DE LA DONNÉE

Les start-up françaises savent comment faire parler les mégadonnées. Présentation des dix spécialistes les plus à la pointe, qui aident les entreprises dans leur projet de big data.

PAR RIDHA LOUKIL

Entre son école de mathématiques exemplaire et la qualité de la formation de ses ingénieurs, la France a tout naturellement une carte à jouer dans les big data. Si les outils de collecte, de stockage et de traitement restent l'apanage de grands groupes américains comme IBM, Oracle, SAS, Informatica et Teradata, ou de la communauté open source, avec une plate-forme comme Hadoop, la valeur ajoutée des français réside dans la simplification de ces outils et, surtout, dans l'analyse des mégadonnées pour aider les responsables métiers à les exploiter. Aujourd'hui, cette tâche reste artisanale et seulement à la portée de quelques spécialistes, les fameux « data scientists ». C'est sur ce terrain encore vierge que les start-up françaises jouent leurs meilleurs atouts. Certaines, comme PredicSis, Spikenet Technology ou Quinten, se démarquent par leurs algorithmes de datamining, spécialisés par secteurs d'activité ou par type de problématique. D'autres, comme Captain Dash, Dataiku, Naxedi ou OpenDataSoft, développent des solutions accessibles en ligne via un simple navigateur web, pour simplifier l'accès aux outils de stockage, de calcul et d'exploitation. D'autres encore se spécialisent dans les services, comme Data&Data et Perfect Memory. Mais pour toutes, une même marque de fabrique : l'originalité.

CAPTAIN DASH CROISE DONNÉES INTERNES ET EXTERNES

Service

Date de création Décembre 2009

Lieu Paris

Effectif 40 personnes

CA 10 millions d'euros en 2017

Levée de fonds 1,5 million d'euros

La société offre un service d'agrégation, de corrélation et d'exploration des données. Elle croise les données métiers de l'entreprise avec des données externes (open data, réseaux sociaux, web...) pour déterminer, par exemple,

l'impact de la météo sur le comportement d'achat des consommateurs. Les résultats sont présentés sur mobiles sous forme d'indicateurs de bord, utiles au pilotage des activités de ventes et marketing. Le tout quasiment en temps réel. Cette solution, fruit de trois ans de développement, traite des volumes de plusieurs milliards de lignes. Déployée dans 24 pays, elle est proposée en service cloud accessible sur abonnement, de 80 000 à 500 000 euros par an. Un quart des entreprises du CAC 40 l'utilise. Captain Dash compte s'implanter en Amérique du Nord cette année.

CLIENTS BPCE, Axa, Danone, L'Oréal, SNCF...

SPIKENET TECHNOLOGY INTERPRÈTE LES IMAGES VIDÉO

Technologie

Date de création Août 1999

Lieu Balma (Haute-Garonne)

Effectif 14 personnes

CA 1,4 million d'euros en 2014

Levée de fonds Néant

Créé par des chercheurs du Cerco, laboratoire de recherche en neurosciences du CNRS à Toulouse, Spike-net développe un moteur de vision artificielle qui s'inspire de la biologie. Cet algorithme fonctionne comme un œil électronique capable de fouiller et d'analyser de grands volumes d'images vidéo. La première application a été la

mesure de la visibilité des marques sur la télévision. Elle est également exploitée par les services de police et de sécurité pour le décryptage rapide des images de caméras de vidéosurveillance, par les services de transports pour le suivi du trafic routier et par les casinos pour l'optimisation de leur fonctionnement. La société, qui compte 30 clients, vend le logiciel en licence ou sous forme de redevance sur les produits qui l'utilisent. Elle s'attend à un chiffre d'affaires de 3 millions d'euros en 2015 et de 10 millions dans cinq ans.

CLIENTS Ministère de l'Intérieur, Aria Resort & Casino, Airbus, Aéroport de Bordeaux-Mérignac, Cofely Ineo...

DATA & DATA TRAQUE LA CONTREFAÇON SUR LE NET

Service	
Date de création	Septembre 2012
Lieu	Paris
Effectif	10 personnes
CA	3 millions d'euros en 2015
Levée de fonds	Néant

Data & Data propose une plate-forme de surveillance et de détection des ventes de contrefaçons sur le web et les réseaux sociaux. Il combine deux moteurs technologiques maison : l'un pour l'exploration en 12 langues

du web et des réseaux sociaux et la détection des comptes suspects ; l'autre pour le tri, par apprentissage statistique, entre les vrais et faux comptes. Un compte de contrefaçon est détecté moins de cinq minutes après sa création. La marque peut ainsi riposter presque en temps réel en demandant au réseau social sa fermeture ou en alertant les services de la douane. Disponible pour les marques de luxe et de cosmétiques, le service va s'étendre à la pharmacie et aux pièces détachées auto. Le développement des algorithmes représente un investissement de plus de 1 million d'euros. Pour accompagner sa croissance, la société prévoit cette année d'embaucher 20 personnes et de procéder à une levée de fonds de 500 000 à 1 million d'euros.

CLIENTS Dix des plus grandes marques françaises et italiennes de cosmétiques et de luxe

QINTEN AFFINE L'ANALYSE DE DONNÉES CLINIQUES

Service	
Date de création	Novembre 2008
Lieu	Paris
Effectif	25 personnes
CA	2 millions d'euros en 2014
Levée de fonds	Néant

Quinten propose des services d'analyse fine des données avec un algorithme unique sur le marché. Baptisé Q-Finder, ce système s'inspire des modèles financiers pour identifier, non pas des tendances, mais un profil par-

ticulier et son contraire. Sa première application a été de trouver, dans les données des essais cliniques, la catégorie de patients pour laquelle un médicament donné sera efficace ou sans effets secondaires importants. Depuis un an et demi, les applications se diversifient : prévisions des facteurs de hausse ou de baisse de valeurs dans la finance, détection des clients en voie de passer à la concurrence dans l'assurance, construction des parcours clients dans les aéroports... L'algorithme s'est enrichi de fonctions de réseaux de neurones et d'apprentissage statistique. La société envisage de le vendre en tant que logiciel, en 2016.

CLIENTS Covéa, Danone, L'Oréal, Aéroports de Paris, Sanofi, Roche...



Donnez un espace à votre talent !



Plus de 1 500 m² dédiés
à la simulation et au HPC

- offre immobilière complète
- espaces professionnels communs
- rencontres d'affaires
- pack accompagnement CCI Essonne
- service facilities management
- domiciliation de votre siège social



Pépinière Teratec
2 rue de la Piquetterie - 91680 Bruyères-le-Châtel
pepinieres@essonnes.cci.fr - 0 970 650 200

PERFECT MEMORY GÈRE VOS DONNÉES

Service	
Date de création	Juillet 2008
Lieu	Chamalières (Puy-de-Dôme)
Effectif	10 personnes
CA	N.C.
Levée de fonds	600 000 euros

L'entreprise se définit comme le conservatoire de la mémoire numérique des entreprises. Sa plate-forme web comporte 50 modules pour la collecte, le traitement, l'enrichissement, l'indexation ou encore la valorisation des données.

Le client peut ainsi accéder à des données internes, structurées et fiables, complétées par d'autres récoltées sur internet, pour améliorer son marketing ou la compréhension de ses clients. Le service combine un moteur d'intelligence artificielle et de web sémantique, ainsi qu'un dispositif de préservation et de valorisation de contenus audiovisuels. Son développement représente un investissement de 2 millions d'euros.

CLIENTS Radio France, ministère de la Culture belge, Viacom...

HURENCE MET LE BIG DATA À LA PORTÉE DES MÉTIERS

Technologie	
Date de création	Avril 2011
Lieu	Grenoble (Isère)
Effectif	10 personnes
CA	N.C.
Levée de fonds	Néant

Créé par des anciens d'IBM, HP, Xerox et Capgemini, Hurence veut mettre l'analyse de données à la portée des responsables marketing, vente et autres métiers. Sa plate-forme logicielle s'installe facilement au-dessus

d'une distribution Hadoop, sans le conseil ou l'accompagnement d'un spécialiste, en s'appuyant sur la technologie d'imageurs Docker. Interface, tableau de bord... La start-up revendique une avance de deux ans sur SAP ou Oracle. Cette solution est gratuite pour une seule machine de traitement et payante pour des grappes de plusieurs machines.

CLIENTS EDF, Orange, Veolia...

DATAIKU, LE PLOMBIER DU BIG DATA

Service	
Date de création	Février 2013
Lieu	Paris
Effectif	23 personnes
CA	1 million d'euros en 2014
Levée de fonds	3 millions d'euros

Avec sa plate-forme Data science studio, la start-up parisienne démocratise le big data en automatisant les tâches techniques qui réclament les compétences d'un data scientist: préparation, nettoyage et croisement

des informations, connexion aux bases de données open source, test de modèles d'analyse, vérification des prédictions... Déchargés de toute cette «plomberie», les analystes peuvent développer plus rapidement des applications métiers prédictives. L'interface s'inspire des jeux vidéo pour faciliter une appropriation progressive de l'outil. Le logiciel est gratuit pour moins de 100 000 lignes de données. Au-delà de ce volume, il est vendu sur abonnement à partir de 20 000 euros par an. Il a déjà séduit une vingtaine de clients. Fait assez rare, l'entreprise a été rentable dès son premier exercice, en 2014.

CLIENTS Cdiscount, PagesJaunes, Vente-privee, BlaBlaCar, Chronopost...

NEXEDI, L'ALTERNATIVE FRANÇAISE À HADOOP

Technologie	
Date de création	Décembre 2001
Lieu	Marcq-en-Barœul (Nord)
Effectif	30 personnes
CA	2 millions d'euros en 2014
Levée de fonds	Néant

Cet éditeur de logiciel open source a lancé Wendelin, une plate-forme open source qu'il présente comme une alternative française au géant Hadoop, autre technologie open source d'origine américaine. Sa solution combine Neo, sa base de données NoSQL, et le moteur d'apprentissage statistique Scikit-Learn de l'Inria. Sa particularité ? Elle s'affranchit des limites de mémoire dans les machines pour traiter d'énormes volumes de données. La version, disponible aujourd'hui gratuitement en téléchargement, convient pour quelque 10 Go de données. Un projet dans les investissements d'avenir vise à en étendre la capacité à 10 To dans trois ans. Cible ? Le traitement des données issues des objets connectés industriels.

CLIENTS Sanef, Infoterra, Mitsubishi Motors...

OPENDATASOFT MUTUALISE LES DONNÉES

Service	
Date de création	Décembre 2011
Lieu	Paris
Effectif	10 personnes
CA	600 000 euros en 2014
Levée de fonds	Néant

La société édite une plate-forme cloud de publication, de partage et de réutilisation de données. Elle les transforme et les rend exploitable dans des applications métiers et facilement accessibles en temps réel, y compris sur mobiles. L'utilisateur peut ainsi croiser ses propres données avec d'autres sources (facteurs socio-économiques, clients, météo...) pour créer des usages innovants de big data. Plusieurs clients peuvent mutualiser leurs données afin d'élargir la base d'analyse et d'améliorer la qualité des résultats. La plate-forme s'enrichit toutes les semaines de nouvelles fonctionnalités.

CLIENTS Axa, Veolia, SNCF, RATP, Keolis, La Poste...

PREDICSIS DÉTECTE LES CLIENTS FRAGILES

Service	
Date de création	Juillet 2013
Lieu	Lannion (Côtes-d'Armor)
Effectif	18 personnes
CA	300 000 euros en 2014
Levée de fonds	1 million d'euros

Avec sa solution de prédition des comportements des clients et des internautes, PredicSis aide les entreprises à réduire leur taux d'attrition, à savoir le nombre de clients perdus. Fondé sur un moteur d'apprentissage statistique, ce logiciel s'appuie sur dix ans de R&D chez Orange labs. Son objectif est d'améliorer la rétention des clients en analysant les données de leurs interactions avec l'opérateur. Il scrute près de 750 000 variables de comportements afin d'identifier les personnes fragiles. Après avoir injecté toutes ses interactions clients (e-mails, logs web...), l'entreprise peut alors obtenir la liste des consommateurs prêts à la quitter et les causes de leur départ. Le service est accessible en ligne sur abonnement à partir de 100 euros par mois.

CLIENTS Renault, Orange, Sodexo, EDF, 1000 Mercis... ■

L'INTEGRATION DES PROCESSUS DE SIMULATION EST UN FACTEUR CLE DE REUSSITE DES PROJETS INDUSTRIELS

Les coûts induits par une modification de système ou de design augmentent considérablement au fur et à mesure que l'on avance dans le cycle de développement d'un produit. Avec la recherche permanente de compétitivité et de réactivité, il est indispensable pour nos clients de pouvoir détecter les non-conformités au plus tôt dans le cycle de vie du produit. La simulation numérique, avec une approche de Virtual Testing, permet d'anticiper les phases de test du produit avant même que celui-ci ne soit physiquement prototypé en vue d'essais réels. Au-delà des gains évidents sur les coûts de test (simuler sur des serveurs de calcul le crash d'une voiture est moins coûteux que de la détruire), le Virtual Testing permet surtout d'optimiser l'efficacité et le nombre des tests réels toujours nécessaires.

La simulation permet, en effet, de définir les essais dimensionnant, les points de mesures clés et de vérifier que le banc et le protocole d'essai permettront d'atteindre ces cas limites. De plus, la détection anticipée des écarts limite le nombre d'itérations nécessaires à la conception du produit, diminuant ainsi les temps de cycle de développement.

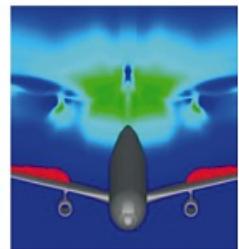
De manière similaire, dans la conception de systèmes complexes, la disponibilité des sous-systèmes est étalée dans le temps.



L'utilisation de simulateur comme moyen d'essai, tout le long du cycle de vie, permet d'émuler les sous-systèmes non disponibles à un instant donné pour restituer le comportement global du système final.

Les modèles de sous-systèmes sont alors remplacés par les équipements réels dès que ceux-ci sont disponibles.

Cette autre application du Virtual Testing permet de faciliter le test unitaire de chaque sous-système, de son intégration avec les autres sous-systèmes, tout en conservant une vue globale de l'impact potentiel sur le système final.



Le service de simulation au sein de Sogeti High Tech permet d'offrir aux entreprises une large palette de prestations de simulation dans les domaines de l'aéronautique, du spatial, de l'énergie et du transport, couvrant à la fois la simulation de phénomènes physiques, la simulation de systèmes complexes et la simulation de flux.

Ainsi, Sogeti High Tech propose une expertise unique dans l'intégration et la création de solutions de simulation à l'échelle de l'entreprise.

Le service de simulation de Sogeti High Tech vous accompagne avec des prestations de conseil, d'études, de développement et de formation tout au long de vos démarches de simulation alliant la composante métier à la composante informatique.

Parce que les bénéfices de la simulation sont fortement dépendants des technologies utilisées, Sogeti High Tech attache une importance particulière à :

- La prise en compte des matériaux de pointe (composite, élastomère) et de phénomènes complexes (dynamique rapide, fatigue, rupture,...);
- La définition de méthodes de modélisation efficaces (macro-éléments, surfaces de réponse) et au développement de codes de calculs spécifiques performants (HPC);
- L'automatisation de chaîne CAO/Maillage/Calculs paramétriques en vue d'optimisation multi-phérique;
- La prise en compte Hardware In the Loop et co-simulation dans les simulateurs temps réel;
- La mise en place d'un management des données de simulation (SDM) efficace permettant, entre autre, un accès rapide aux données mais également un partage à l'échelle de l'entreprise.



Contact :

Caroline Martins Petitjean
Directeur Simulation & Logiciels Scientifiques
Sogeti High Tech
caroline.martins@sogeti.com

www.sogeti-hightech.fr

Sogeti High Tech

2-10 rue Marceau - CS 70400
92136 Issy-les-Moulineaux Cedex

Tel. : +33 (0)1 40 93 73 00
E-mail: infohightech@sogeti.com

Big data

8 CAS D'ÉCOLE

« Le big data est à la mode. Selon certaines études, la moitié des entreprises s'y intéressent, mais elles ne savent pas forcément en tirer profit », déclarait Ghislaine Doukhan, tout juste propulsée à la tête de Safran Analytics, une division créée début 2015 et chargée de développer des services s'appuyant sur l'exploitation des données. Précurseur dans l'industrie, Safran n'est pas le seul industriel à profiter des big data. Si les projets les plus aboutis se trouvent plutôt dans les services, comme le prouvent Accor, M6 et Adictiz, les initiatives d'Airbus, PSA, BMW ou Santen semblent bien parties. Revue de détail.

PAR RIDHA LOUKIL



AIRBUS TESTE PLUS VITE SES AVIONS

Avant de livrer ses avions, Airbus vérifie la conformité de leurs performances en vol à celles prévues durant la phase de conception. Lors des tests, l'aéronef est muni de capteurs : 6 000 sur le premier vol, puis quelque 200 sur les suivants. Après chaque vol d'essai, les données des capteurs de test et des capteurs embarqués sont croisées. Toute différence détectée est synonyme d'un problème à corriger. « Ces tâches d'analyse des données et de détection d'incidents, qui nécessitent un correctif, sont réalisées par le cerveau humain », rappelle Jean-Marc Wattecant, le responsable big data d'Airbus. Problème : le volume de données généré par jour d'essai en vol double à chaque génération d'avion. Il se monte à 2 téraoctets pour l'A 350, le dernier-né d'Airbus. Sans compter que 400 à 600 utilisateurs doivent pouvoir les consulter simultanément. Le passage au big data était inévitable. « Au départ, l'objectif était de livrer un accès concurrent aux données en utilisant une technologie comme celle développée chez Google, explique Jean-Marc Wattecant. Mais nous allons aussi mettre en place un moteur d'analyse statistique qui automatise la corrélation des données. Ainsi, nous pourrons détecter les problèmes et les corriger plus vite. » La première étape est en place depuis le début de l'année. La seconde suivra au deuxième trimestre. La solution s'appuie sur un moteur big data d'Oracle, complété par un développement en interne et chez Sopra. La campagne d'essai de l'A 350 dure quatorze mois et produit des dizaines de téraoctets au total. « Au lieu d'analyser les données vol par vol, nous pourrons demain passer à l'analyse multivol avec pour résultats d'améliorer la détection des incidents, de trouver plus vite la cause des problèmes et de réduire le nombre de vols d'essai », prévoit le responsable. ■

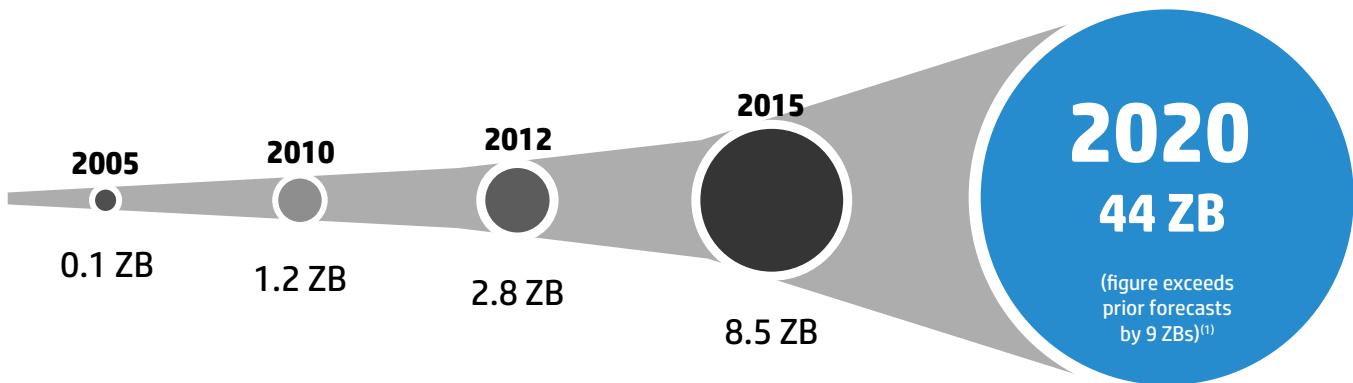
LYON FLUIDIFIE SON TRAFIC URBAIN

Améliorer la mobilité urbaine et fluidifier le trafic dans le Grand Lyon : tels sont les objectifs du projet de R & D Optimod'Lyon. Lancé en 2011 avec 12 partenaires, dont IBM, Orange, Renault Trucks et Cityway, il a mis au point deux innovations s'appuyant sur les technologies du big data. La première est un navigateur mobile qui donne des informations en temps réel sur la mobilité urbaine. Développée par Cityway, cette appli aide l'utilisateur à adapter ses déplacements en fonction de l'état réel du trafic. La seconde, créée par IBM, est un système de prévision du trafic urbain à une heure. Il a fallu centraliser les données issues des différents modes de mobilité et installer plus de 350 capteurs de trafic en ville. « Les prévisions de trafic en temps réel s'appliquaient aux autoroutes, mais jamais en milieu dense comme le Grand Lyon », souligne Philippe Sajhau, le vice-président Smarter Cities d'IBM France. Les rues n'étant pas toutes munies de capteurs, IBM a créé un algorithme qui évalue par interpolation et modélisation l'état du trafic dans les rues sans capteurs à partir des informations des voies connectées. Les prévisions de trafic sont actualisées toutes les six minutes pour prendre en compte tout événement imprévu comme un accident. Elles sont répercutées par le poste central de contrôle et de régulation de la circulation de Lyon à trois niveaux : le navigateur mobile, les transporteurs de fret (pour optimiser les plans de tournées de livraison) et, bientôt, le pilote des feux de circulation. Les prévisions se perfectionnent en intégrant l'impact des incidents et les résultats des plans d'intervention. La ville de Lyon devrait passer du test au déploiement dès cette année. ■

The Machine: A new kind of computer



Data explosion outpacing technology



Next-generation competitive advantage delivered through:



Business insight at real-life speeds



Personalized content that follows you



Questions that arise automatically from data

(1) IDC "The Digital Universe of Opportunities: Rich Data and the Increasing Value of the Internet of Things" April 2014
© Copyright 2014 Hewlett-Packard Development Company, L.P. The information contained herein is subject to change without notice.

By 2020, 30 billion connected devices will generate unprecedented amounts of data. The infrastructure required to collect, process, store, and analyze this data requires transformational changes in the foundations of computing.

Learn more

<http://www.hpl.hp.com/research/systems-research/themachine/>



➊ SANTEN OPTIMISE SA R & D

Depuis deux ans, Santen fait appel au service big data de Quinten dans les études galéniques et cliniques de ses médicaments ophthalmiques. « Notre métier génère beaucoup de données, confie Jean-Sébastien Garrigue, le directeur général de ce laboratoire de 80 personnes. Nous les exploitons pour améliorer l'efficacité de notre R & D. » L'ancien Novagali Pharma, racheté en 2011 par le japonais Santen, dispose d'une base de plusieurs centaines de milliers de données sur la composition physico-chimique de ses médicaments. « Nous utilisons une trentaine d'excipients avec différentes concentrations. Il fallait tester plusieurs milliers de compositions pour trouver celle qui offre les propriétés d'efficacité, de stabilité et d'innocuité recherchées, explique le patron de Santen en France. En analysant ces données avec l'algorithme Q-Finder de Quinten, nous trouvons les formulations virtuelles appropriées. » Les tests sur des patients dans le cadre des études cliniques créent plus d'un million de données objectives. La société, implantée à Évry (Essonne), exploite également le moteur Q-Finder pour fouiller dans ce gisement et identifier la catégorie de patients pour laquelle le médicament offre le plus d'efficacité et le moins d'effets indésirables. « C'est ainsi que nous avons pu cibler notre collyre de traitement de la sécheresse oculaire sur les patients présentant les symptômes de la kératite sévère, confie Jean-Sébastien Garrigue. Avec les méthodes statistiques classiques, demandées par les agences de santé, il aurait fallu engager un travail d'itération long et fastidieux sans certitude du résultat. Nous sommes dans un métier exposé à beaucoup d'échecs. Avec le big data, nous réduisons les risques, devenons plus compétitifs et pouvons investir davantage dans les étapes cliniques ultérieures, qui sont très coûteuses. » ■

BMW SOIGNE SES VÉHICULES AUX MÉGADONNÉES

Les rappels de voitures pour cause de défauts non détectés lors des tests sont légion. BMW veut, sinon les supprimer, du moins les réduire. Sa recette magique ? Le recours au big data, en utilisant une solution d'analyse prédictive de données massives fournie par IBM. Le constructeur automobile allemand dispose d'un énorme réservoir de données récoltées auprès de ses services de développement, de test, de production, d'après-vente et de réparation. Pas moins de 15 000 défauts sont enregistrés rien que pour les tests de prototypes. L'analyse prédictive de ces données va l'aider à détecter et à corriger les défauts avant que les nouveaux modèles ne soient lancés en production. De quoi lui permettre d'optimiser l'ensemble de sa chaîne industrielle, depuis la conception des véhicules jusqu'à leur entretien. Jusqu'ici, l'analyse d'une telle quantité d'informations prenait plusieurs mois. Avec les technologies de big data, elle ne prend aujourd'hui que quelques jours. Les résultats peuvent ainsi être incorporés à temps dans les processus de conception et de production pour détecter les anomalies et les corriger rapidement, évitant les pannes après la commercialisation. La solution déployée par BMW s'appuie sur le logiciel d'analyse statistique SPSS. Elle offre l'avantage d'automatiser certaines analyses récurrentes pour les divisions et filiales du constructeur automobile. Environ 250 applications d'analyse sont mises à la disposition de plus de 500 utilisateurs dans le groupe. ■

PSA FAIT PARLER SES VOITURES CONNECTÉES

PSA a accéléré ses projets dans le big data. « Demain, nous voulons être capables de capter les données de nos voitures connectées et de les analyser pour offrir des services personnalisés aux conducteurs », affirme Brigitte Courtehoux, la directrice des services connectés et de la mobilité de la marque au lion. Le groupe dispose aujourd'hui d'un parc de 1,5 million de voitures avec, pour chacune, un potentiel de quelques milliers de données issues d'une centaine de capteurs embarqués. PSA envisage d'étendre la collecte à d'autres sources comme le web, les réseaux sociaux et les mobiles. Les premières applications visent à améliorer la conception des véhicules. C'est pourquoi toutes les activités métiers concernées (développement, production, qualité...) sont impliquées. « Grâce à l'analyse des données collectées, détaille Brigitte Courtehoux, nous aurons une connaissance précise des défauts des véhicules et du comportement des conducteurs. Nous saurons quelles fonctions ils utilisent le plus, celles qu'ils n'utilisent jamais, combien de fois par an ils ouvrent le toit de leur voiture... Ceci nous permettra d'adapter la conception des véhicules aux besoins des utilisateurs et d'ajuster les prix en conséquence. » Le projet mobilise une cinquantaine de personnes au centre de développement, à Poissy (Yvelines). L'effectif peut monter jusqu'à 100 personnes en fonction des besoins. Le groupe, dirigé par Carlos Tavares, privilégie des expérimentations afin d'identifier les projets de déploiement à mener en priorité. PSA Peugeot Citroën s'appuie sur les outils de big data d'IBM. « Mais le vrai savoir-faire réside dans l'intelligence humaine, dans la capacité de nos data scientists à modéliser l'application et à identifier la valeur à extraire de la grande masse de données », conclut Brigitte Courtehoux. ■



ADBICTIZ ANTICIPÉ LE COMPORTEMENT DES JOUEURS

Les jeux sociaux édités par Adictiz sur le web et les mobiles changent chaque semaine. Ils sont adaptés pour tenir compte du comportement des joueurs lors de la phase de prise en main du jeu. Le but est de les retenir le plus longtemps possible, de développer la viralité (recommandation) et de favoriser la monétisation (achat de biens virtuels). Depuis deux ans, cette PME lilloise de 40 personnes, qui diverte 40 millions de joueurs dans le monde, dont 4 millions actifs par mois, optimise ses jeux avec le big data. « Auparavant, nous nous adaptions avec des données générales et des choix au feeling, confie Alexis de Charentenay, le directeur business développement. Aujourd’hui, nous avons une approche structurée, fondée sur l’analyse du comportement des joueurs. » Pour parvenir à ce résultat, la société a embauché un data scientist et fait appel aux solutions big data de Microsoft dans le cloud. Jusqu'à 5 000 joueurs sont ainsi suivis en temps réel chaque jour. « Les données récoltées renseignent sur les points d’abandon du jeu, la durée des sessions, les dépenses d’aveux virtuels, l’adéquation ou non du niveau de jeu et le degré de viralité », explique le directeur. Leur analyse hebdomadaire permet aux développeurs d’améliorer le jeu. L’objectif est de retenir le joueur en créant chez lui un sentiment de frustration qui le pousse à acheter des biens virtuels afin de continuer à jouer. « Un mois après son lancement, le jeu diffère à 60 % de sa version initiale », estime Alexis de Charentenay. Grâce à cette démarche, la monétisation a grimpé de 30 %. ■

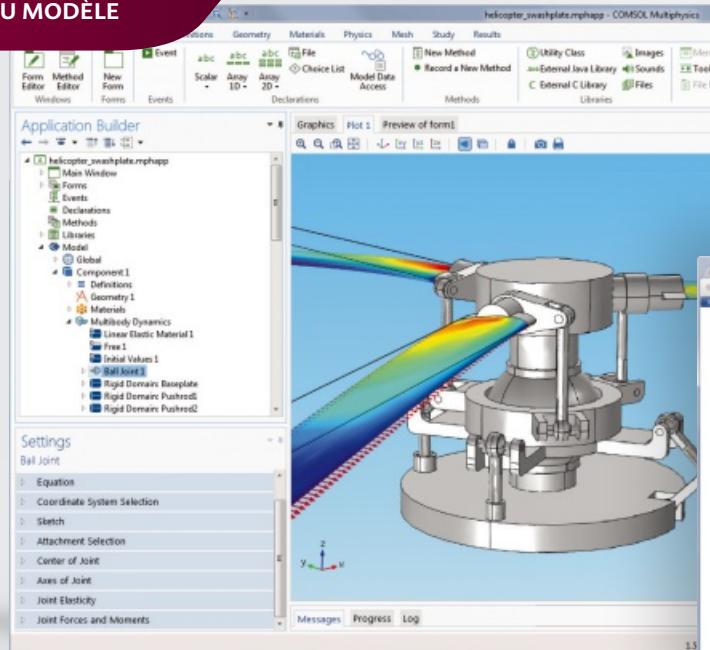
M6 PERCE LES SECRETS DE LA PUB TÉLÉ

Quel est l’impact réel de la publicité télévisée sur les achats ? Comment expliquer son efficacité ? Pour répondre à ces questions, M6 fait appel au big data depuis 2011. Les données d’achat, mesurées sur un panel d’acheteurs, sont croisées avec celles relatives à leurs habitudes de consommation des médias. À cet effet, M6 s’est constitué une base de données de 1200 campagnes de pub, représentant au total plus de 100 000 lignes d’informations : budget de campagne, chaînes de télévision choisies, créneaux de diffusion des spots, marques, produits concernés... « Impossible d’exploiter cette base à l’œil nu », précise Carine Groz, la directrice de groupe études de M6. D’autant qu’elle s’enrichit tous les ans de nouvelles variables comme la météo. La chaîne télé utilise le service big data de Quinten pour analyser ces données. Présentées sous la forme d’un fichier Excel, elles passent ainsi à la moulinette de l’algorithme Q-Finder. Il suffit ensuite d’explorer les résultats restitués pour identifier les clés d’efficacité publicitaire par marque, produit... L’analyse confirme des facteurs classiques à fort impact, comme la puissance de la campagne, la présence d’une célébrité ou le choix d’un créneau le soir pour le chocolat. « Nous le savions déjà par expérience ou intuition, mais cela n’avait jamais été mesuré », note Carine Groz. Ce travail révèle aussi des principes inconnus, voire à contre-courant des idées reçues. « C’est ainsi que nous avons découvert que l’été et les week-ends, des périodes jusqu’ici négligées, étaient propices à la publicité, notamment pour les petites et moyennes marques », explique Carine Groz. L’objectif de M6 est d’aider ses annonceurs à optimiser leurs campagnes au-delà des critères connus dans le métier et de les rendre plus efficaces. C’est ainsi que la chaîne espère les fidéliser. ■

ACCOR PERSONNALISE SES SERVICES

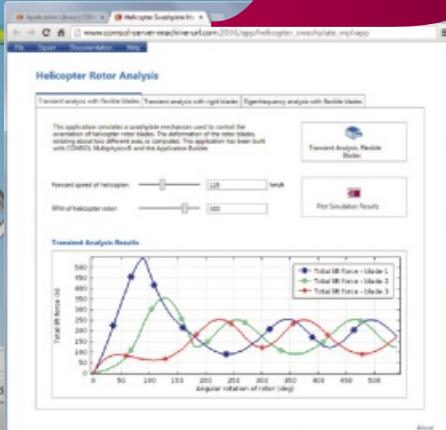
Pour doper ses ventes et fidéliser ses clients, Accor joue la carte de la personnalisation. Tout a commencé par la centralisation des données dans une base de 50 millions de clients. « Une opération complexe, car il a fallu concilier des sources différentes dans les systèmes de gestion des 3 600 hôtels du groupe, dans les centres d’appels et les sites web », explique Hervé Mignot, associé du cabinet Equancy qui a suivi l’hôtelier français dans sa démarche. Cette base est segmentée en 17 groupes (clients fréquents, étrangers, professionnels...). Objectif ? Améliorer la conversion lors des interactions clients via les centres d’appels ou le web. Lorsqu’un client déjà répertorié entre en contact, il est automatiquement identifié. À partir de son profil, son historique, ses habitudes de consommation de services et ses préférences, un moteur de recommandations sélectionne les offres éligibles, calcule la probabilité d’acceptation et lui présente celles aux scores les plus élevées. Le tout en temps réel. L’algorithme, fondé sur une solution d’Oracle, s’améliore au fur et à mesure de son fonctionnement. Selon Amélie Hameau, la responsable du projet chez Accor, ce système a généré plus de 140 millions de recommandations en 2014, augmentant de 50 % le taux de clics sur le web, de 100 % le taux d’achat de nuitées et de 200 % le chiffre d’affaires pour les bannières personnalisées. Le groupe a toutefois choisi de ne pas se reposer à 100 % sur le moteur automatique. « Pour garder le contrôle de sa stratégie marketing, notamment concernant les nouvelles offres, le système laisse la main aux agents humains », précise Hervé Mignot. Le moteur devrait évoluer pour recommander des services complémentaires, comme les transferts depuis l’aéroport, la visite de sites culturels ou la réservation de spectacles. ■

DU MODÈLE



COMSOL
MULTIPHYSICS®

À L'APPLICATION



COMSOL
SERVER™

Testez et Optimisez vos designs avec COMSOL Multiphysics®

NOUVEAUTÉS : APPLICATION BUILDER ET COMSOL SERVER™

L'Application Builder vous permet de créer facilement des interfaces métiers à partir de vos modèles multiphysiques. COMSOL Server™ vous permet de distribuer vos applications à vos collègues et à vos clients partout dans le monde.

Visitez comsol.fr/release/5.0

Product Suite

- › COMSOL Multiphysics®
- › COMSOL Server™

ELECTRICAL

- › AC/DC Module
- › RF Module
- › Wave Optics Module
- › Ray Optics Module
- › MEMS Module
- › Plasma Module
- › Semiconductor Module

MECHANICAL

- › Heat Transfer Module
- › Structural Mechanics Module
- › Nonlinear Structural Materials Module
- › Geomechanics Module
- › Fatigue Module
- › Multibody Dynamics Module
- › Acoustics Module

FLUID

- › CFD Module
- › Mixer Module
- › Microfluidics Module
- › Subsurface Flow Module
- › Pipe Flow Module
- › Molecular Flow Module

CHEMICAL

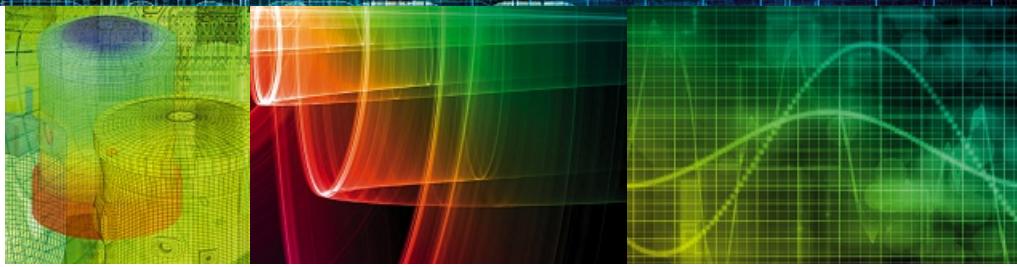
- › Chemical Reaction Engineering Module
- › Batteries & Fuel Cells Module
- › Electrodeposition Module
- › Corrosion Module
- › Electrochemistry Module

MULTIPURPOSE

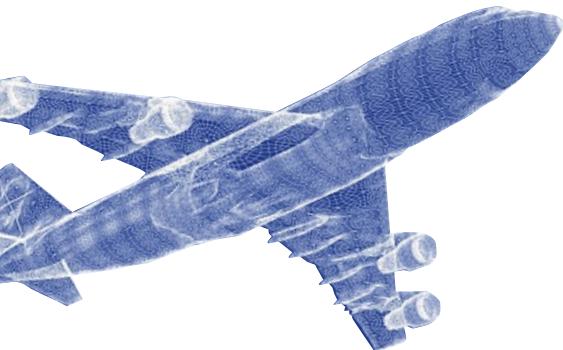
- › Optimization Module
- › Material Library
- › Particle Tracing Module

INTERFACING

- › LiveLink™ for MATLAB®
- › LiveLink™ for Excel®
- › CAD Import Module
- › Design Module
- › ECAD Import Module
- › LiveLink™ for SOLIDWORKS®
- › LiveLink™ for Inventor®
- › LiveLink™ for AutoCAD®
- › LiveLink™ for Revit®
- › LiveLink™ for PTC® Creo® Parametric™
- › LiveLink™ for PTC® Pro/ENGINEER®
- › LiveLink™ for Solid Edge®
- › File Import for CATIA® V5



Big data, simulation, calcul intensif,... : des solutions pour optimiser leur valeur ajoutée ?



La simulation numérique constitue une opportunité majeure d'amélioration de la compétitivité des entreprises. L'émergence du Big Data avec le développement des objets intelligents et connectés représente également un enjeu, à la fois économique et sociétal. L'augmentation exponentielle des puissances de calcul permet des simulations toujours plus riches et la capacité de traitement et d'analyse de gros volumes de données. Mais pour tirer pleinement profit de l'évolution de ces technologies, il est de plus en plus indispensable de les maîtriser et de les rendre accessibles aux utilisateurs « métiers ».

BIG DATA INDUSTRIEL AU PROFIT DE LA MAINTENANCE PRÉVISIONNELLE

Avec la présence de plus en plus massive de capteurs (accéléromètre, puce RFID, GPS, etc.), souvent interconnectés, le volume et la complexité des données produites vont croissant. Or, les algorithmes actuels d'analyse de données, de Machine Learning (Apprentissage automatique) et de Data Mining (Exploration de Données) ne sont pas adaptés au traitement des gros volumes de séries temporelles produits par ces capteurs. De surcroît, les différents outils permettant d'explorer ces données sont souvent dispersés et nécessitent la mise en place de chaînes de traitements coûteuses en temps et sans véritable valeur ajoutée pour l'utilisateur.

Pour répondre à cette problématique, CS a lancé le projet **IKATS** (Innovative Tool-Kit for Analysing Time Series). Ce projet, mené en collaboration avec le Laboratoire Informatique de Grenoble (LIG), soutenu par Airbus et EDF R&D, a pour objectif de fournir une boîte à outils prête à l'emploi, permettant à l'utilisateur d'avoir dans un même atelier ('framework') l'ensemble des logiciels nécessaires pour la manipulation, l'analyse exploratoire et la visualisation des grands volumes de séries temporelles.

Ainsi l'analyse de ces données permettra de déterminer les modèles prédictifs essentiels, par exemple, dans le domaine de la maintenance prévisionnelle.

Les domaines d'application potentiels sont innombrables. IKATS permettra de fournir des modèles permettant de surveiller les chaînes de fabrication pour les industries manufacturières (aéronautique, énergie, ferroviaire), ou d'aider à l'exploitation de systèmes industriels de haute technologie nécessitant une supervision par des réseaux de capteurs. On peut citer également les domaines intégrant des objets connectés et surveillés : les bâtiments intelligents, la 'santé connectée' (quantified self), les télécommunications, le secteur militaire, etc. Le projet IKATS vient s'inscrire aux côtés des solutions proposées par CS en matière de PLM ainsi que de simulation numérique et de calcul haute performance.

SIMULATION NUMÉRIQUE : LA CFD AUTREMENT

La simulation est un élément essentiel à la compétitivité des entreprises. Elle permet de concevoir plus rapidement des produits mieux adaptés aux besoins des clients mais aussi d'analyser et de comprendre des phénomènes complexes. Dans ce domaine, CS favorise l'accès aux technologies au meil-

leur coût et propose son expertise en étude des phénomènes physiques et en calcul haute performance. CS a développé avec Renault, Airbus et d'autres partenaires, **LaBS**, un outil de simulation numérique pour la mécanique des fluides, basé sur la méthode Lattice Boltzmann sur réseau et optimisé pour le calcul intensif. Cette solution permet de simuler les écoulements de fluides faiblement compressibles autour et à l'intérieur de géométries complexes. Grâce à sa précision et ses performances remarquables, à coûts optimisés, LaBS est déjà utilisé dans les secteurs automobile et aéronautique pour les applications aérodynamiques et aéroacoustiques.

CS, un acteur engagé de la simulation numérique et du Big Data industriel

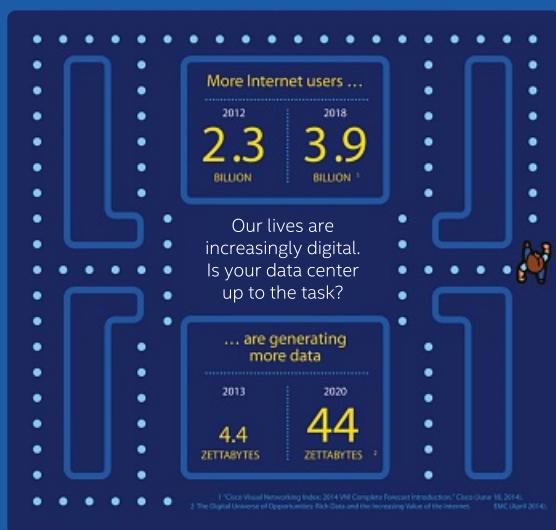
L'expertise de CS combinée en simulation multiphysique, en calcul haute performance, en PLM, en traitement et valorisation de grands volumes de données lui permet d'accompagner ses clients dans l'accélération de leur processus de production et l'optimisation de leurs coûts sur tout le cycle de vie d'un produit ou d'un système.

DATA CENTER 2.0

Our mission:
Accelerate the digital service economy
by removing the limitations
inherent in today's datacenter
infrastructure



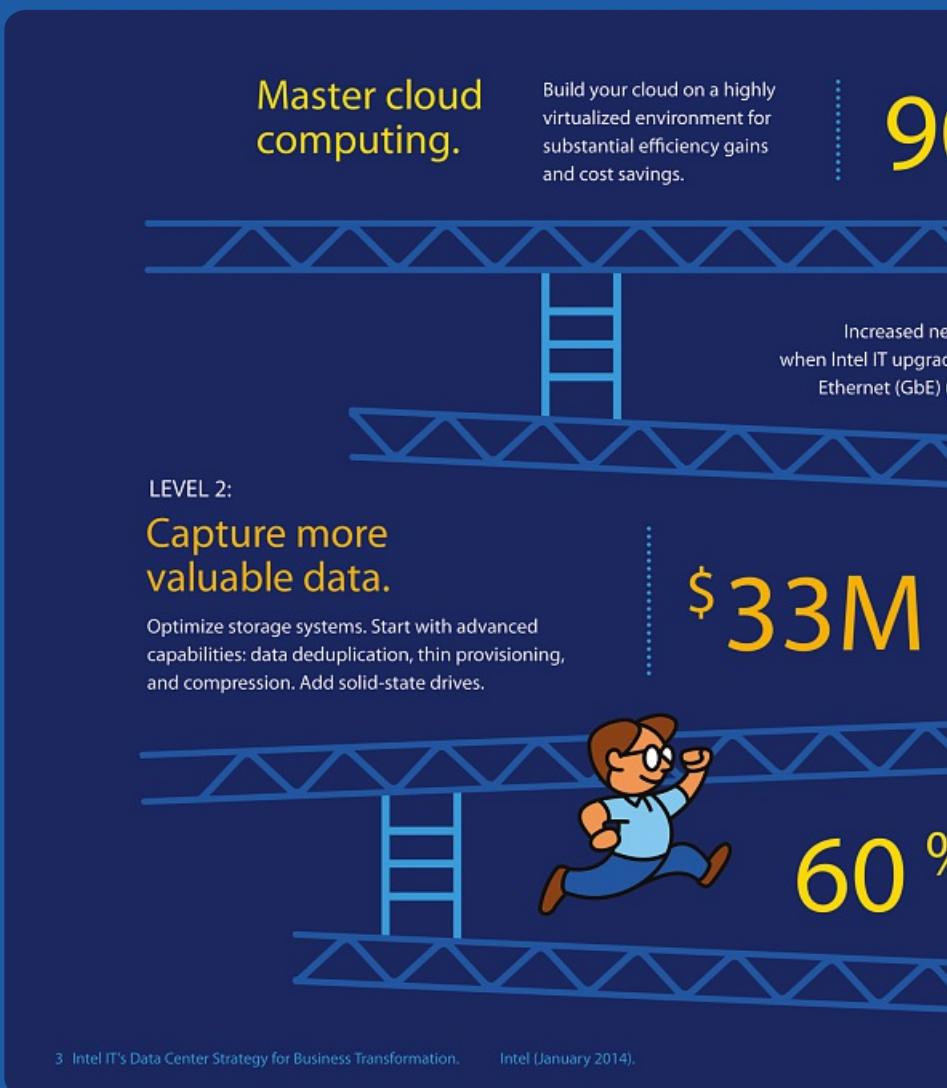
1. PREPARE TO GOBBLE UP
IMMENSE AMOUNTS OF DATA.



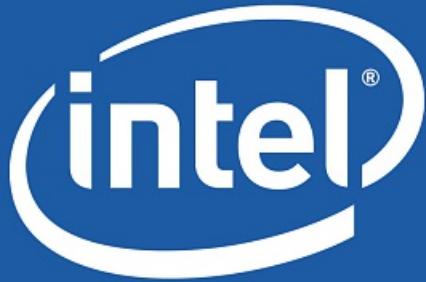
2. AVOID THE PITFALLS
OF AN AGING INFRASTRUCTURE.



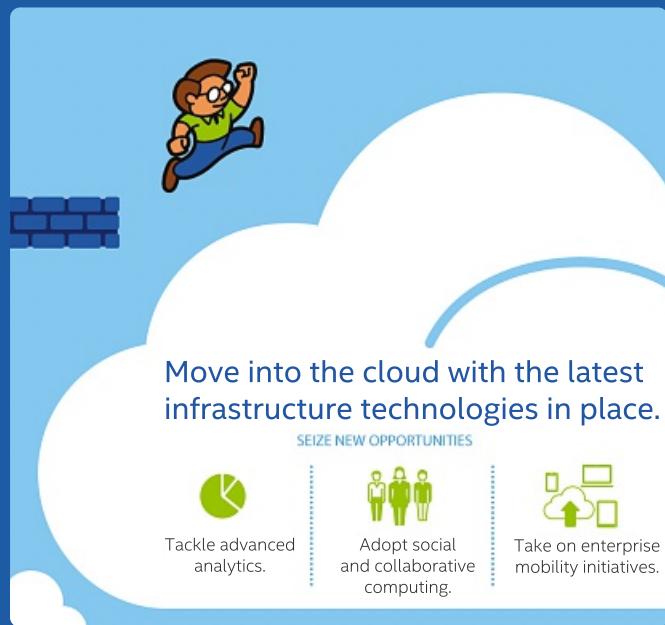
3. LEVEL UP TO STRENGTHEN
YOUR DATACENTER.



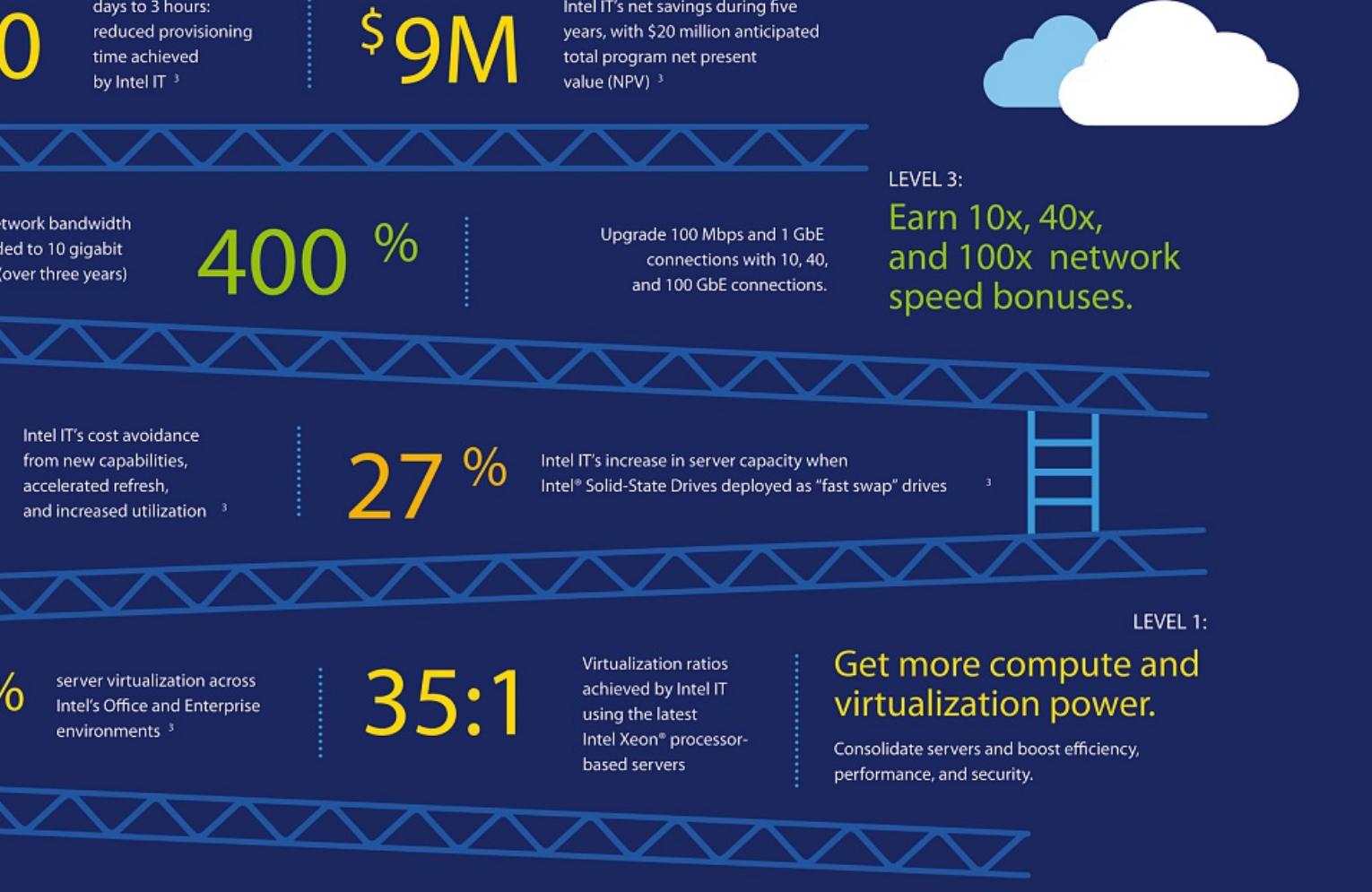
by

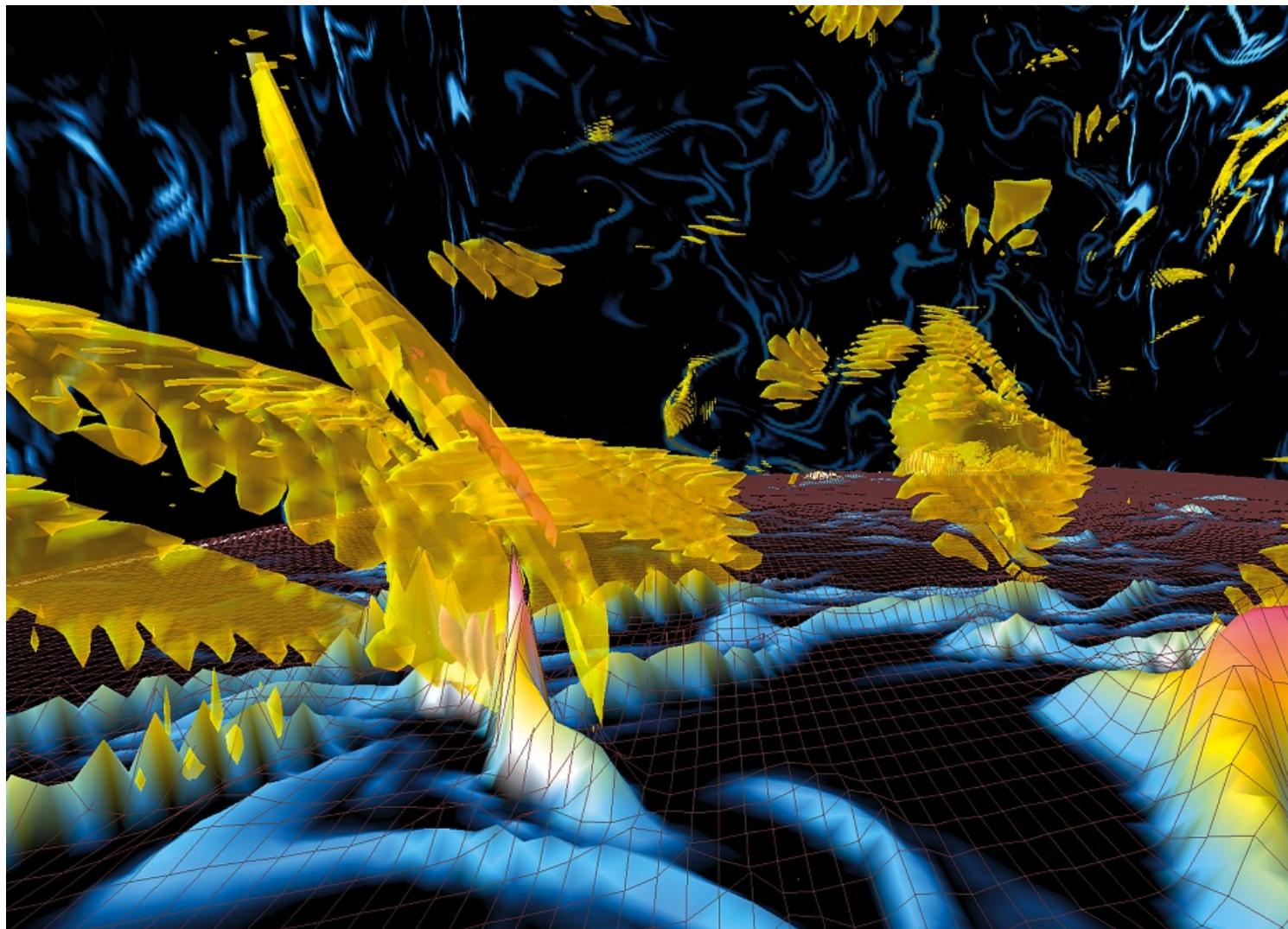


4. EXPLORE WHAT YOUR ENTERPRISE CAN DO.



Workload custom optimized silicon:
Intel leadership delivering 3 generations of SoCs

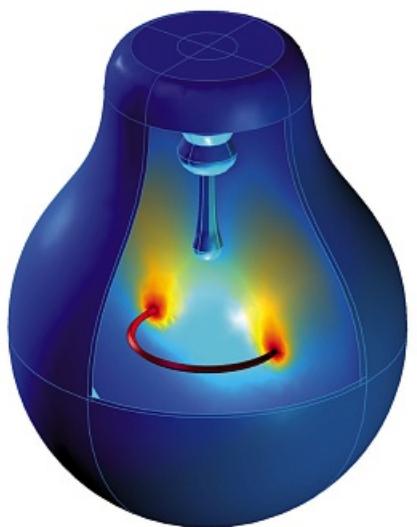




Portfolio **AU-DELÀ DU RÉEL**

Les logiciels de simulation et de visualisation donnent à voir ce que l'on ne voit pas, en couleur et en trois dimensions. Projetant l'observateur dans une quatrième dimension.

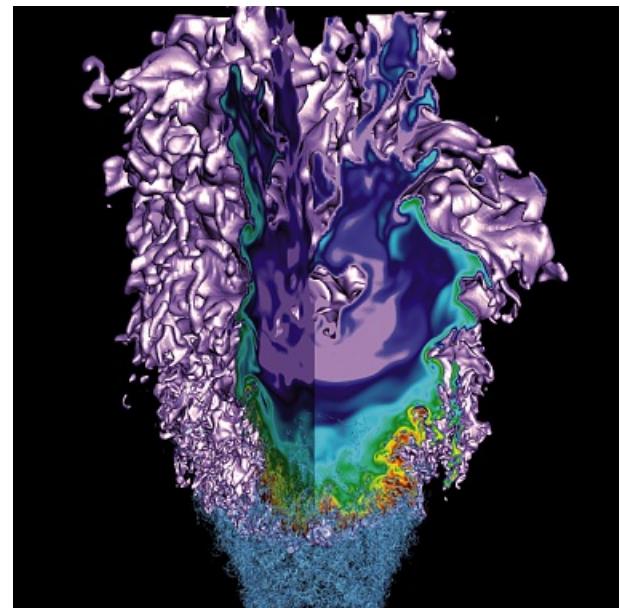
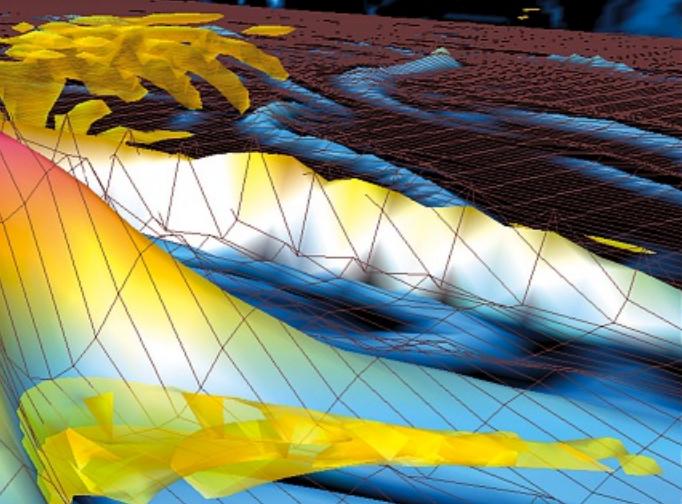
PAR THIERRY LUCAS



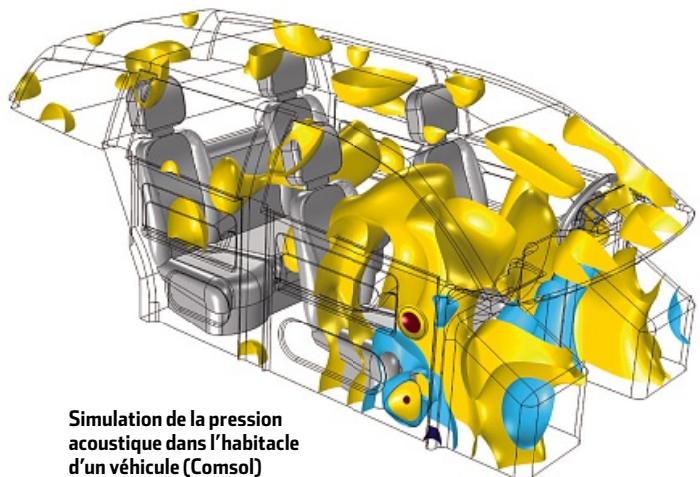
Distribution de la température dans une ampoule électrique (Comsol)



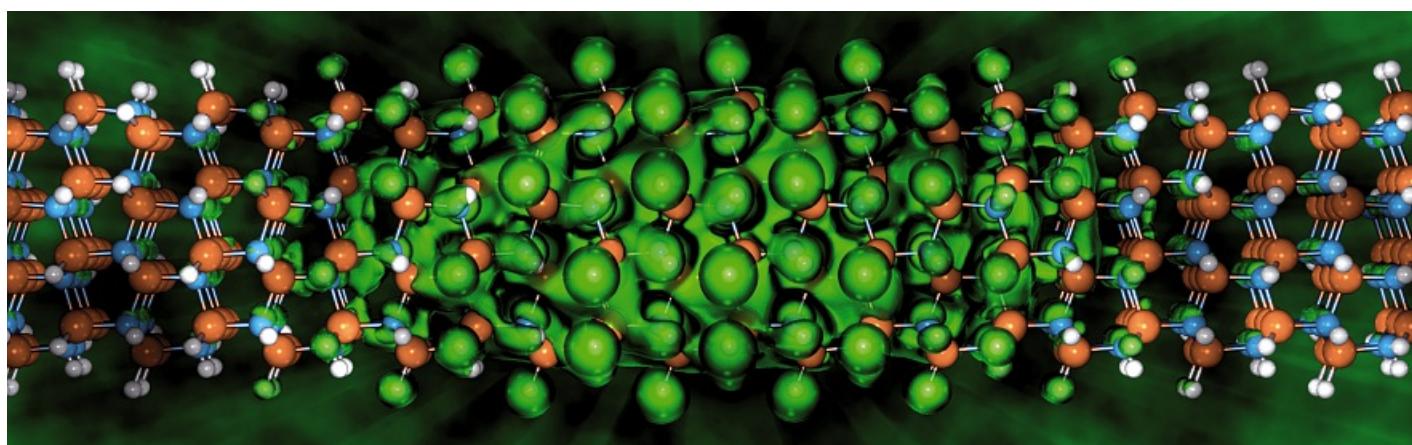
Vue 3D
de turbulences
dans un fluide
(NERSC)



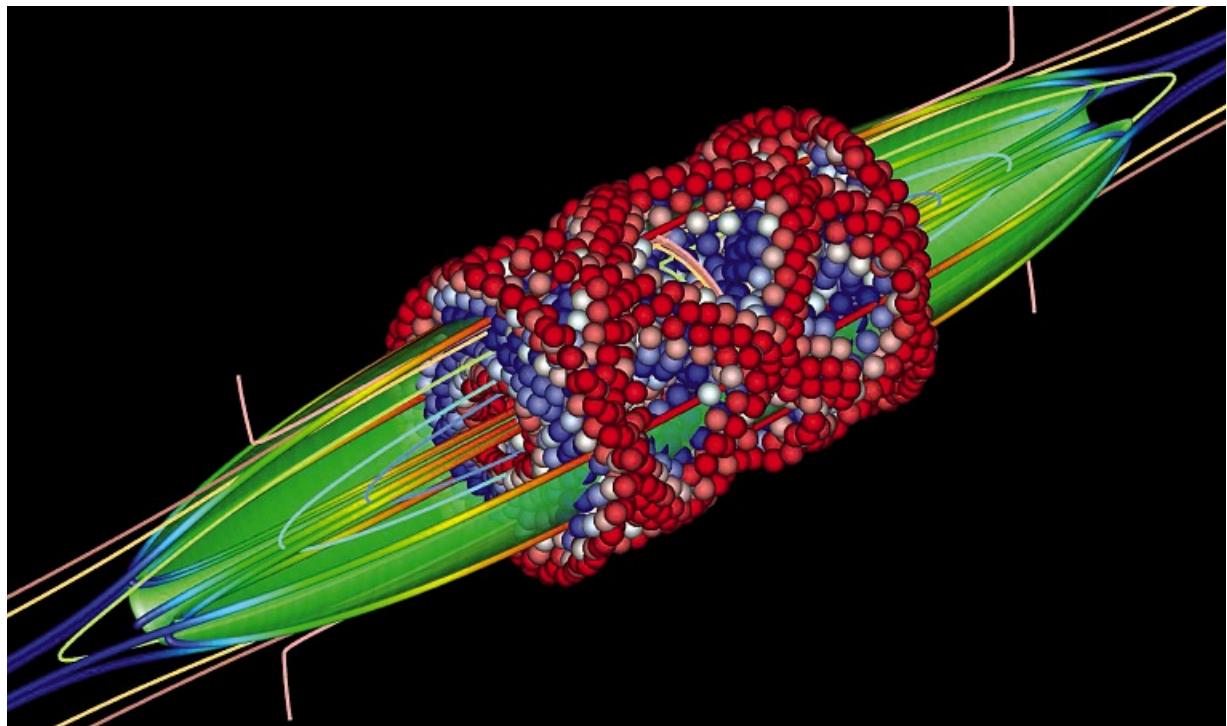
Turbulence dans une flamme (NERCS)



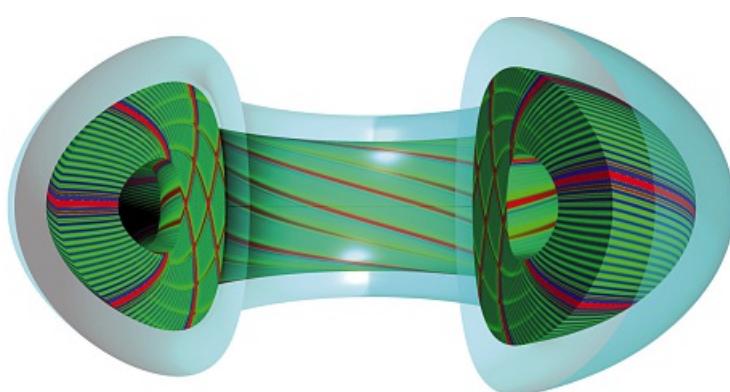
Simulation de la pression
acoustique dans l'habitacle
d'un véhicule (Comsol)



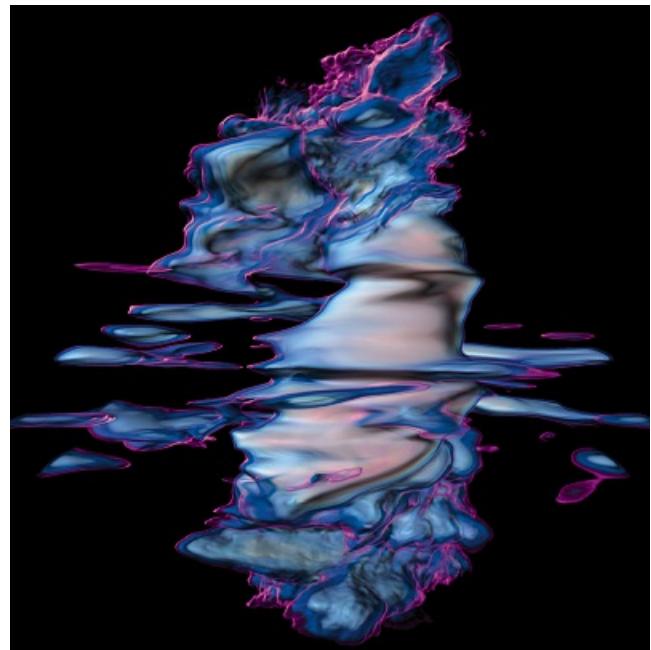
Modélisation moléculaire des matériaux d'une LED (NERSC)



Trajectoire d'un ion dans un champ magnétique (Nimrod)



Plasma d'un tokamak (fusion nucléaire) simulées avec le logiciel GaCode de Ganarel Atomics.



Tourbillon dans un plasma solaire (université du Texas, à Austin)



Simulation de trafic urbain (Sumo)

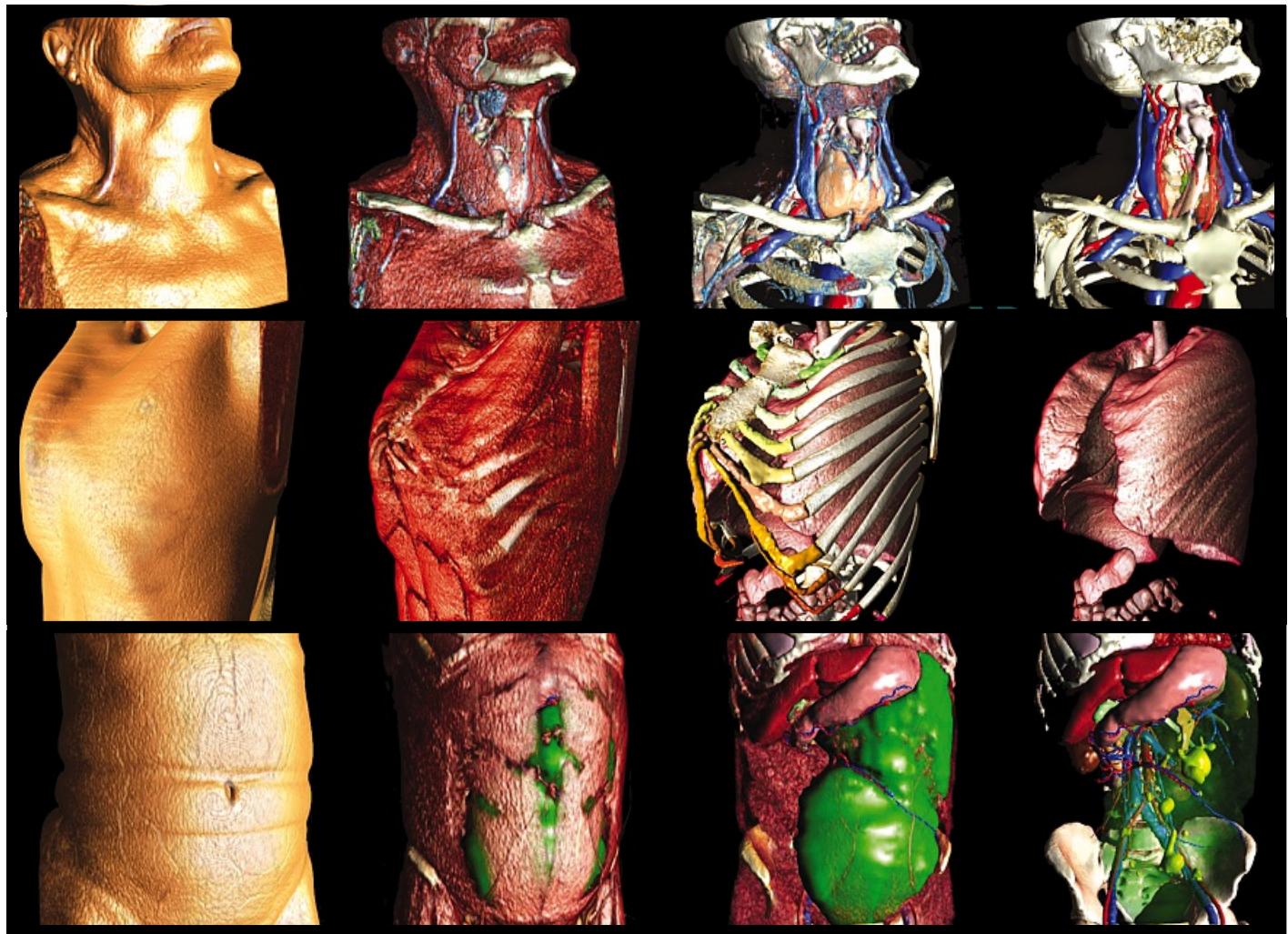
BOUSCULEZ LE PAYSAGE INDUSTRIEL INNOVEZ AVEC LE **PROTOTYPAGE VIRTUEL**



Copyright © ESI Group 2015 - GOM1545A. Crédit photo : EADS Innovation Works, Dongfeng Motor Corporation, PPE

CRÉER LE PRODUIT DU FUTUR VIRTUELLEMENT :

- ➔ Fabriquer, tester et appréhender votre prototype virtuel.
- ➔ Obtenir le bon produit du premier coup.
- ➔ Réduire l'impact sur l'environnement.



La start-up Visible Patient aide les chirurgiens à préparer leurs opérations grâce à la modélisation 3 D personnalisée.

Recherche LE CORPS MODÉLISÉ

La simulation des principaux organes humains donne naissance à de nouveaux outils d'aide au diagnostic et au choix des thérapies.

PAR THIERRY LUCAS

DES TECHNOLOGIES POUR...

- **Prévoir** le risque d'être atteint par une maladie ou son évolution
- **Optimiser** le traitement médicamenteux ou chirurgical d'un patient
- **Sélectionner** de nouveaux médicaments
- **Concevoir** des implants personnalisés

La difficulté avec les êtres humains, c'est qu'ils sont tous différents. Ce pourrait être un sujet de philo au bac, mais pour les ingénieurs en simulation, c'est un problème pratique crucial quand il s'agit de modéliser, non plus une pièce mécanique ou un circuit électronique, mais un cœur, un foie, un cerveau... Pour soigner les patients, la simulation n'a vraiment de sens que si elle est personnalisée. De plus, pour répondre aux attentes des cliniciens, la simulation du corps humain doit représenter ce qui se passe à toutes les échelles, des molécules jusqu'au corps entier, en passant par les cellules, les tissus et les organes. Une complexité qu'ont tenté d'embrasser de vastes programmes internationaux de recherche comme Physiome ou Virtual physiological human. Les laboratoires qui y par-

ticipent construisent des logiciels « simulateurs d'organes », anatomo-physiologiques, à partir de modèles mathématiques et d'images médicales, mais veulent aussi les associer, pour une simulation plus réaliste. Cette ambition a été réorientée. La coopération entre ces logiciels - hors d'atteinte aujourd'hui - est moins à l'ordre du jour. Les nouveaux projets veulent avant tout valider des modèles et avancer vers des applications médicales. Ils sont axés sur les organes vitaux (cerveau, foie, cœur...) et sur les pathologies qui représentent des enjeux de santé publique dans les pays développés (maladies cardiovasculaires, Alzheimer, cancers, troubles musculo-squelettiques...).

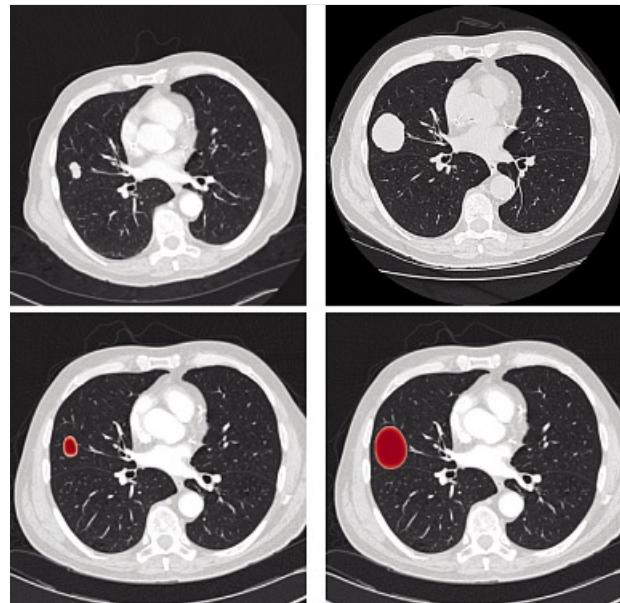
Le cerveau mérite une place à part. Il est au centre de programmes de grande ampleur et dotés de centaines de millions d'euros ou de dollars de budget : le Human brain project (HBP) en Europe et le Brain initiative aux États-Unis. HBP, piloté par l'EPFL (Suisse) et l'université de Heidelberg (Allemagne), voit grand en voulant à la fois mieux comprendre le fonctionnement du cerveau, créer de nouveaux instruments de diagnostic et inventer des ordinateurs s'inspirant des réseaux neuronaux. Trop ambitieux ? Certains neurobiologistes contestent sa pertinence. Mais le projet a démarré fin 2013 et fait travailler des milliers de chercheurs. La simulation du cœur mobilise aussi de nombreuses équipes de recherche dans le monde, avec des résultats dans la prévention comme en thérapie [lire aussi page 30].

Une aide précieuse pour les chirurgiens

Moins médiatique, mais ô combien vital : le foie. Outre ses fonctions dans le métabolisme et le stockage de nombreuses substances, le plus grand de nos organes a un rôle clé anti-toxique en éliminant des produits potentiellement dangereux pour l'organisme, et dans l'assimilation des médicaments. Le Virtual liver network, un consortium de laboratoires allemands, veut construire un modèle virtuel du foie. Plusieurs types d'applications sont visés. En pharmacologie, l'objectif est de mieux comprendre comment une molécule active est dégradée dans le foie. Un modèle anatomique est bâti à partir d'images tomographiques du patient. Associé à des données sur son génome, il devrait permettre de prévoir comment une personne assimile un médicament, afin de personnaliser le traitement. L'accumulation de lipides dans le foie peut être à l'origine de maladies. La simulation facilite la compréhension de ce phénomène, afin de l'anticiper. Enfin, la capacité du foie à se régénérer après une inflammation ou une intervention chirurgicale est bien connue, mais pas entièrement comprise. Avec la simulation, on pourrait identifier les moyens de la favoriser (nutrition, soins...).

Quant aux Britanniques de l'université de Leicester, ils créent, avec les partenaires du projet AirProm, des modèles personnalisés des voies respiratoires, à partir d'images médicales et de données génomiques, dans le but de prévoir l'évolution des maladies comme l'asthme et d'adapter les traitements à chaque patient. Pour tous ces organes, la « simple » modélisation anatomique est déjà une aide précieuse pour les chirurgiens. Les équipes de l'Institut de recherche contre les cancers de l'appareil digestif (Ircad) de Strasbourg ont réussi à automatiser la création de modèles

L'Inria de Bordeaux a mis au point des modèles de croissance tumorale. Ici, l'évolution d'une tumeur pulmonaire.



Prendre le cancer de vitesse

Modéliser la croissance d'une tumeur, c'est se donner les moyens de prévoir l'évolution de la maladie. Et donc de choisir au mieux le moment pour une intervention chirurgicale, ou d'adapter le traitement en chimio ou radiothérapie. Des modèles de croissance tumorale, génériques et maintenant spécifiques des patients, sont développés dans ce but à l'Inria Bordeaux. Le modèle le plus avancé, qui simule la formation de métastases pulmonaires, a été validé avec les données de 30 patients. « Notre

objectif est de concevoir un logiciel accessible sous forme d'un service, que les médecins pourront tester en situation », indique Thierry Colin, le responsable de l'équipe de chercheurs bordelais. Il faudra ensuite passer à des essais cliniques à grande échelle. L'équipe a étendu son approche à d'autres pathologies avec des modèles spécifiques (tumeurs intracrâniennes, par exemple). Et veut aussi utiliser ces simulations pour prévoir à quel moment un traitement risque de ne plus être efficace sur un patient. ■

visuels 3D à partir d'images médicales (scanner, IRM...). La société Visible Patient, émanation de l'Institut, propose un service en ligne utilisé aujourd'hui par une quinzaine d'hôpitaux. Plus de 2 500 patients en ont déjà bénéficié. Le modèle 3D envoyé au chirurgien - qui a fourni les images de son patient - lui permet de préparer l'intervention : mise en place des instruments, anticipation des difficultés, choix de la meilleure stratégie... « La modélisation permet d'opérer des malades d'abord jugés "inopérables" », affirme Luc Soler, le directeur R & D de l'Ircad. La principale limite aujourd'hui est le manque de précision de certaines images (en IRM, notamment) et l'absence de remboursement de cet acte en France. L'Ircad travaille activement sur la simulation au service du chirurgien pendant l'opération. Autrement dit, guider le geste du praticien en superposant un modèle virtuel des organes du patient à sa vision réelle mais limitée. Subsiste néanmoins un problème de recalage automatique

- complex entre les deux images: le patient respire, et les organes bougent pendant l'intervention... L'équipe de Strasbourg pense proposer une première application en 2016: le positionnement des organes sous la peau, en «transparence» virtuelle, afin d'assurer l'incision la plus sûre et précise possible. Un système de guidage en temps réel pour toute la durée de l'opération n'est pas attendu avant 2017 et sera limité à un organe, le foie.

Mieux prévenir les maladies osseuses

Comme les organes, le squelette peut bénéficier de la simulation, avec des enjeux de santé publique non moins importants. L'ostéoporose, par exemple, qui est une fragilisation des os, est à l'origine de millions de fractures en Europe chaque année. La simulation musculo-squelettique, qui modélise le comportement des os et les efforts qu'ils subissent, peut améliorer la prévention et le traitement de cette pathologie, mais aussi d'autres maladies osseuses. C'est le domaine des biomécaniciens - souvent des mécaniciens de formation venus à la biologie. Avec des particularités: des lois de comportement spécifiques pour les os et d'autres plus complexes (viscoélasticité) pour les tissus mous des muscles

et ligaments. «La difficulté est d'obtenir les propriétés mécaniques des matériaux qu'il faut entrer dans le modèle de simulation. La rigidité des os peut être extraite des images tomographiques, mais pour les tissus mous, c'est plus difficile», explique Damien Lacroix, chercheur et professeur de mécanobiologie à l'université de Sheffield (Grande-Bretagne). Des modèles de fémur, avec muscles et ligaments, ont ainsi été mis au point pour une centaine de patients.

Une autre utilisation de ce type de simulation concerne la conception d'implants personnalisés. Ces logiciels seraient utiles entre les mains des cliniciens. «Ils pourraient détecter les risques de fracture, mais également suivre l'effet d'un traitement», précise Damien Lacroix. Pour de véritables essais cliniques, des financements industriels, par exemple par des fabricants d'implants, restent nécessaires. Une autre application vise le traitement des douleurs lombaires chroniques. La simulation, cette fois, évalue les conséquences d'une intervention chirurgicale. Par ailleurs, la même équipe travaille sur la modélisation de l'interaction entre les différentes parties du corps. Car s'il est plus simple de créer un modèle d'une partie du corps ou d'un organe isolé, le corps, lui, ne fonctionne jamais comme ça... ■

UN CŒUR QUI BAT EN NUMÉRIQUE

La simulation du cœur, qui associe ingénieurs et cliniciens, ouvre la voie à de nouvelles méthodes de prévention et de traitement.

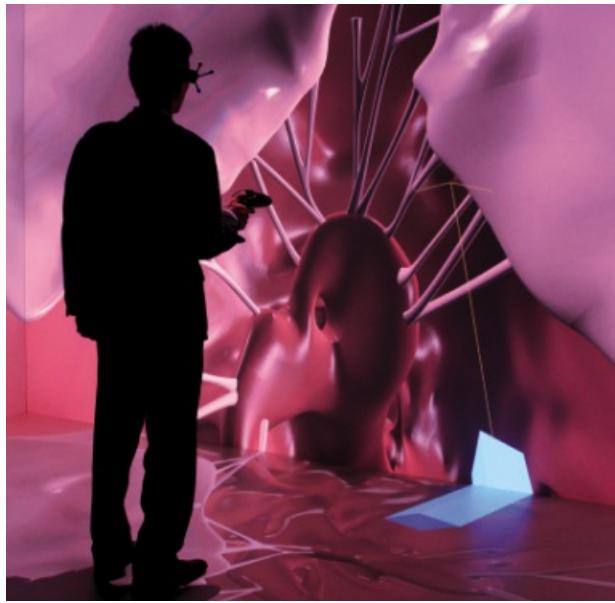
PAR THIERRY LUCAS



La simulation couple un modèle numérique de l'anatomie avec un système d'équations décrivant le comportement du cœur.

La durée d'un battement de cœur? Environ deux heures sur un ordinateur de bureau un peu musclé. Soit le temps nécessaire pour simuler un cycle cardiaque, en calculant des phénomènes physiques relevant de l'électricité (le déclenchement de la contraction du muscle cardiaque), de la mécanique (le mouvement des parois du cœur) et de la dynamique des fluides (le flux sanguin).

Pour réaliser cette simulation, il faut un modèle numérique de l'anatomie du cœur humain, bâti à partir d'images médicales de scanner et d'imagerie par résonance magnétique (IRM), avec des systèmes d'équations décrivant le comportement de l'organe. En couplant les deux, il est possible de simuler un cycle cardiaque complet. Quels sont les risques d'athérosclérose ou d'arythmie cardiaque chez un patient? Faut-il poser un stimulateur? Quelles seraient les positions optimales des électrodes sur l'organe? Sur quels tissus faut-il intervenir en cas d'opération et avec quelles conséquences? La simulation propose de répondre par l'examen le moins invasif qui soit, car tout se passe sur l'ordinateur, en faisant tourner un modèle numérique. Des industriels s'impliquent dans la construction de ce cœur numérique. Philips (imagerie médicale) est partenaire du projet européen VP2HF, axé sur la thérapie. Medtronic (implants cardiaques) participe, lui, au projet Living heart lancé par Dassault Systèmes. Leur



Concevoir des équipements médicaux personnalisés

Stimulateurs, prothèses de valves, stents... De nombreux patients cardiaques vivent avec des équipements médicaux dans l'organisme. Les industriels qui les conçoivent ont souvent recours à des logiciels de modélisation et de calcul pour mettre au point ces dispositifs. Mais la réussite de l'opération dépend de l'adéquation entre l'implant et le corps du malade. Permettre l'adaptation des équipements implantables à chaque patient est l'objectif du projet Living heart, lancé en 2014 par Dassault Systèmes. Le spécialiste des logiciels de conception numérique met son

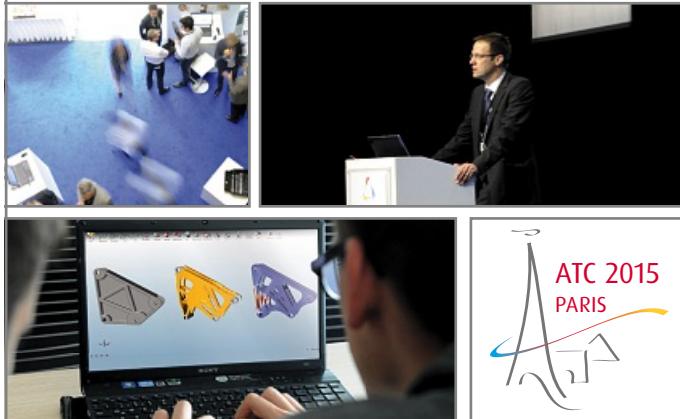
savoir-faire en modélisation 3D au service de la simulation cardiaque. Avec des objectifs industriels. Les fabricants d'équipements médicaux Medtronic et Sorin sont partenaires du projet. Tout comme Insilicomed, issu de l'université de Californie (États-Unis), qui développe des modèles cardiaques destinés aux ingénieurs de conception d'équipements médicaux. Dassault Systèmes veut également rallier à son projet le gratin de la recherche en modélisation cardiaque : Stanford et l'University college london en font déjà partie. ■

savoir-faire en ingénierie est essentiel pour progresser vers le cœur numérique. «J'ai commencé en travaillant sur le calcul de structures pour la construction mécanique et le génie civil», se rappelle Dominique Chapelle, qui dirige, à l'Institut national de recherche en informatique et en automatique (Inria), une équipe travaillant sur la modélisation du cœur et impliquée dans VP2HF. Dans les universités américaines, les spécialistes de la modélisation cardiaque appartiennent souvent aux départements de génie mécanique et de génie aérospatial! S'agissant d'un organe aussi complexe, être un spécialiste de la mécanique des structures ou de la dynamique des fluides ne suffit pas. Pour simuler le cœur, l'association entre modélisations des différents phénomènes est indispensable.

Des modèles personnalisés

«Le couplage entre les phénomènes mécaniques et électriques fonctionne assez bien et permet déjà de modéliser des pathologies. La liaison avec la mécanique des fluides - le flux ➔

 2015 European Altair Technology Conference
29 Septembre - 1^{er} Octobre | Paris, France



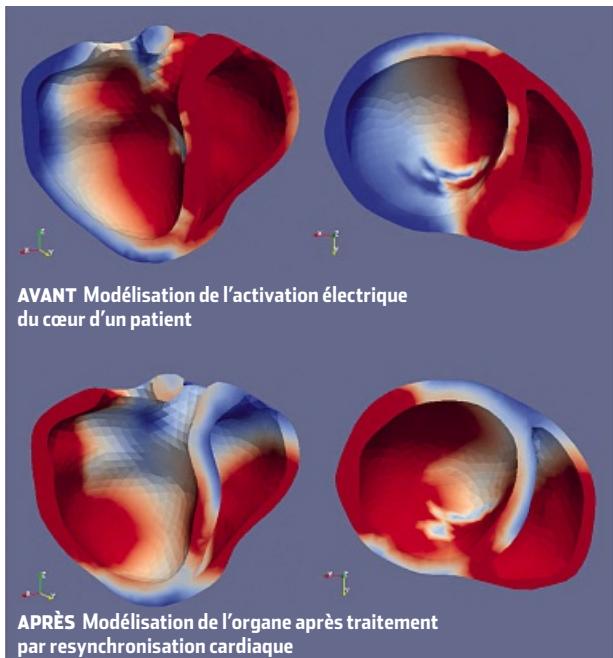
La plus grande conférence sur la simulation numérique !

Pour la 1^{ère} fois organisée à Paris, la conférence ATC rassemblera plus de 600 ingénieurs, managers et chercheurs passionnés par la simulation numérique et son formidable impact sur toutes les industries et la société.

Conférenciers des éditions précédentes :
Agusta Westland, Airbus, Boeing, Daimler, Ford, NASA, PSA Peugeot Citroën, Porsche, Renault, RUAG, Toyota, Volkswagen, etc.

Participez sur
altairatc.com/europe

 Altair



Prévenir les risques

Sur le modèle numérique personnalisé du cœur d'un patient, on peut pratiquer toutes sortes d'examens et d'analyses, sans inconvénient et à moindre coût. HeartFlow, une start-up américaine issue d'un laboratoire de l'université de Stanford, a ainsi développé un test non invasif pour estimer les risques de maladie cardiaque. Le modèle du cœur est construit à partir d'images de scanner et le calcul fournit la fractional flow reserve (FFR), un paramètre qui évalue l'effet sur le flux sanguin d'un rétrécissement de l'artère coronaire. Le dépistage numérique se substitue ici à un examen invasif... parfois inutile. HeartFlow, très avancé dans ses essais cliniques, est en attente d'une autorisation de la Food and drug administration, l'agence américaine des produits alimentaires et des médicaments. La prévention de l'athérosclérose [ndlr :

maladie dégénérative des artères] a mobilisé, en Europe, une vingtaine de partenaires au sein du projet ARTreat. Le modèle numérique, qui simule l'initialisation et la progression de la plaque de cholestérol sur la paroi des artères, détecte les zones à risques. Les premiers résultats ont montré une bonne corrélation avec des données de patients. D'autres études cliniques sont nécessaires, avant une utilisation effective attendue en 2018. Les risques d'arythmie pourraient aussi être détectés par modélisation, comme cherche à le faire le Computational cardiology lab de l'université Johns Hopkins (États-Unis). Alors que les calculs se limitent en général à un cycle cardiaque, des chercheurs de l'Inria veulent modéliser le comportement du cœur d'une heure jusqu'à un an, pour simuler l'évolution de certaines pathologies. ■

Choisir et optimiser une thérapie

La resynchronisation cardiaque (CRT) par pose d'un stimulateur est inefficace dans 30 % des cas. Des essais virtuels réalisés sur un modèle personnalisé du cœur du patient détecteraient ces 30 % et permettraient de bien choisir l'emplacement des électrodes avant l'opération. Une équipe de l'Inria travaille sur cette application du modèle personnalisé. Des tests comparatifs avec les données d'un grand nombre de patients doivent être réalisés dans le cadre du projet européen VP2HF, avec l'hôpital Saint-Thomas de Londres. « Le but

est de faire la preuve que le modèle est prédictif », indique Dominique Chapelle, directeur de recherche à l'Inria. L'ablation par radiofréquence, autre traitement des troubles du rythme cardiaque qui consiste à « brûler » certains tissus, peut également bénéficier d'une préparation numérique. CardioSolv, start-up née dans les laboratoires de l'université Johns Hopkins, veut ainsi utiliser la modélisation personnalisée pour identifier les zones à traiter. Autre objectif de recherche, l'optimisation du traitement : à l'University college london,

les chercheurs tentent de déterminer le stent le mieux adapté à chaque patient, ceux de l'université de Californie essaient de comprendre pourquoi certains pontages coronariens échouent. Les thérapies émergentes n'échappent pas au numérique : le Living matter lab de Stanford utilise la simulation pour prédire les meilleurs sites d'injection de cellules souches pour soigner l'infarctus du myocarde. Enfin, le modèle du patient permettrait d'adapter virtuellement le traitement médicamenteux des maladies cardiaques. ■

→ sanguin - avance et permet d'affiner la modélisation», explique Hervé Delingette, chercheur à l'Inria, qui a auparavant travaillé sur l'imagerie médicale. Mais le noeud du problème pour des applications cliniques est d'obtenir un modèle personnalisé : lui seul peut aider le médecin ou le patient à prendre une décision. Pas facile ! Contrairement à un système artificiel (une pièce d'automobile, un mécanisme...), les paramètres d'entrées - les propriétés mécaniques des tissus, par exemple - sont mal connus. L'élaboration d'un modèle personnalisé suppose donc, à partir d'un modèle générique du cœur et des données mesurées sur le patient (IRM, scanner, ECG...), de retrouver les paramètres qui permettront, par le calcul, de reconstituer ces mêmes données. Là encore, pour résoudre ce « problème inverse », les sciences de l'ingénieur ne sont pas de trop. « Nous avons développé des méthodes inverses inspirées de celles utilisées en automatique », indique Dominique Chapelle. Des méthodes inverses se retrouvent au centre du projet VP2HF et des

modèles personnalisés (« patient specific ») sont développés par tous les laboratoires et les start-up américains qui visent des applications en prévention et en thérapie.

Néanmoins, tout n'est pas résolu, loin de là. Le couplage entre les différents phénomènes doit encore progresser. Idem en ce qui concerne les différentes échelles du modèle, allant de la cellule cardiaque au tissu, jusqu'à l'organe complet. Autre difficulté : définir les tests qui valideront un modèle cardiaque. Quant aux essais cliniques, il faudra définir leurs procédures... et trouver comment les financer. Ni les laboratoires pharmaceutiques ni les fabricants d'équipements médicaux ne sont à la tête des projets. Avec un paramètre clé à prendre en compte : le temps de calcul. À court terme, il pourrait être divisé par dix, avec des codes optimisés et des architectures de calcul parallèle. Les performances seront alors suffisantes pour que la modélisation numérique puisse devenir un équipement parmi les autres dans les services hospitaliers. ■



Pôle européen
HPC SIMULATION BIG DATA
Les clés du futur

- Maîtrise technologique
- Recherche industrielle
- Diffusion dans l'industrie
- Enseignement et formation
- Coopérations internationales

Industriels utilisateurs

Enseignement & Recherche



Contact & information

Tél. +33 (0)9 70 65 02 10
jean-pascal.jegu@teratec.fr
Campus TERATEC
2 rue de la Piquetterie
91680 Bruyères-le-Châtel
France

Entreprises
technologiques

www.teratec.eu

Nucléaire

SIMULER LA FUSION POUR REEMPLACER LES ESSAIS

Depuis l'arrêt des essais nucléaires, Américains et Français développent des moyens de simulation pour continuer à garantir la fiabilité des armes.

PAR THIERRY LUCAS

« Réenniser » la dissuasion nucléaire. Le terme utilisé par les spécialistes du CEA soulève un problème majeur : comment garantir la sécurité, la fiabilité et l'efficacité des armes nucléaires sans réaliser d'essais. Depuis 1996, l'Hexagone ne teste plus ses bombes dans la nature. Pour continuer à évaluer leur fiabilité, la recherche française investit donc dans des modes de simulation complexes. Simulation numérique par des calculs qui mobilisent les ordinateurs les plus puissants du monde. Simulation physique, aussi, puisque la moitié du budget du programme français Simulation - soit 3 milliards d'euros - est consacrée à la construction du Laser mégajoule (LMJ). Une installation destinée à reproduire et étudier, à très petite échelle, la réaction de fusion déclenchée dans une arme nucléaire.

Pour ces deux grands volets de la simulation nucléaire, Français comme Américains mettent progressivement en place des moyens exceptionnels. En France, au centre de calcul du CEA - DAM (Direction des applications militaires), et aux États-Unis, au Lawrence livermore national laboratory,



La chambre du laser mégajoule est renforcée par 20 cm de béton dopé au bore, pour absorber les neutrons.

des supercalculateurs au faîte de la puissance sont réservés à la dissuasion [lire ci-dessous]. Côté simulation physique, le LMJ, installé près de Bordeaux, a démarré en octobre 2014. Les Américains, eux, planchent déjà depuis cinq ans sur leur laser NIF (National ignition facility). Dans les deux installations, le principe est d'amplifier et de focaliser un grand nombre de faisceaux laser - 192 faisceaux pour le NIF, 176 pour le Laser Mégajoule quand il sera complet - sur une cible de quelques millimètres. La chaleur et la pression gigantesques - 100 millions de degrés, 10 000 fois la pression atmosphérique - doivent y déclencher une réaction de fusion nucléaire à très petite échelle, mais représentative de ce qui se passe dans une arme nucléaire. Les Américains ont obtenu en

UN MOTEUR POUR L'EXAFLOPS



Le superordinateur Tera 100 calcule les effets provoqués par une arme nucléaire.

La dissuasion nucléaire, en passant des essais à la simulation, est devenue exigeante en capacités de calcul. Avec le supercalculateur actuel du CEA - DAM, Tera 100 de Bull (1 petaflops = 10^{15} opérations par seconde), la simulation des phénomènes physiques dans les armes nucléaires peut demander plusieurs semaines de calcul... Mais à partir de 2015, le CEA et Bull vont

faire évoluer le supercalculateur, un ordinateur classifié réservé à la dissuasion, vers une puissance de 20 à 30 Pflops. L'architecture de cette machine Tera 1000 préfigurera la future Exa 1, prévue pour 2020, qui devrait atteindre l'exaflops (1 000 Pflops). Bull a annoncé en novembre 2014 les grandes lignes de son programme exaflops. Aux États-Unis, la National nuclear

security administration (NNSA), qui a la charge d'assurer la fiabilité des armes nucléaires américaines, est aussi en route vers l'exaflops. IBM livrera en 2017 le calculateur Sierra (120 - 150 Pflops) au Lawrence livermore national laboratory. Sierra devrait aussi réaliser des calculs pour le NIF, le super laser qui doit assurer la partie physique de la simulation des armes nucléaires. ■

2013, après quelques vicissitudes, des résultats qui montrent la voie vers l'obtention de la réaction de fusion. Les Français, qui démarrent avec huit faisceaux (la montée en puissance se fera sur plusieurs années), vont d'abord expérimenter la tenue de matériaux aux conditions extrêmes.

Des photographies aux rayons X

Des deux côtés de l'Atlantique, la simulation des armes nucléaires repose en fait sur la combinaison entre les calculs sur ordinateur et les mesures effectuées lors d'expérimentations physiques. La simulation numérique implique une chaîne de logiciels simulant les phénomènes physiques complexes qui interviennent dans l'arme : comportement des matériaux, interactions avec les photons et neutrons, turbulences dans les plasmas formés par l'explosion... Mais ces modèles de simulation par calculs ont besoin d'être validés par des résultats de mesures physiques, qui seront fournis par les expérimentations des lasers NIF aux États-Unis et Mégajoule en France.

Un autre volet de la simulation physique est constitué par des machines de radiographie, Darht aux États-Unis, Épure en France (l'équipement est partagé avec les Britanniques), qui «photographient» aux rayons X les phénomènes ultrarapides qui se passent dans l'arme juste avant la réaction nucléaire proprement dite. D'autres études expérimentales, menées au Sandia national laboratories (États-Unis), permettent de simuler le vieillissement de l'électronique, qui équipe les têtes nucléaires stockées, toujours dans le but d'assurer la pérennité de la dissuasion.

En France, l'histoire du Laser mégajoule est loin d'être terminée, puisque la construction complète des lignes d'amplification va s'étaler sur des années (250 industriels participent au projet). Mais le LMJ et le NIF font des émules. La Russie prévoit d'installer son laser de simulation pour la dissuasion à Nijni Novgorod et commence à chercher les industriels pour le construire. La Chine, dont le projet est baptisé Divine light, table sur une mise en route en 2020. ■

DES TECHNOLOGIES HORS NORME POUR LE LASER MÉGAJOULE

250 industriels ont contribué à inventer les technologies et les moyens de production des composants de l'installation.

PAR THIERRY LUCAS

Le 29 janvier 1996, le président de la République française, Jacques Chirac, annonce la fin des essais nucléaires français. Le 23 octobre 2014, le Premier ministre, Manuel Valls, inaugure sur le site du Barp (Gironde) le Laser mégajoule (LMJ). Ce dernier va reproduire ce qui se passe dans une arme nucléaire, et devra, couplé avec la simulation numérique, se substituer aux essais pour assurer la fiabilité de la dissuasion française. Entre ces deux dates, presque deux décennies de R&D, pendant lesquelles des technologies en optique, électronique, mécanique... ont dû repousser leurs limites. Des techniques de fabrication innovantes ont été mises au point par les industriels partenaires du projet. Et des usines ont été créées pour fabriquer dans des conditions optimales les composants du LMJ. De l'impulsion laser initiale jusqu'à la cible millimétrique où se déclenche la réaction de fusion nucléaire, tout, ou presque, était à inventer.

UNE SOURCE PURE

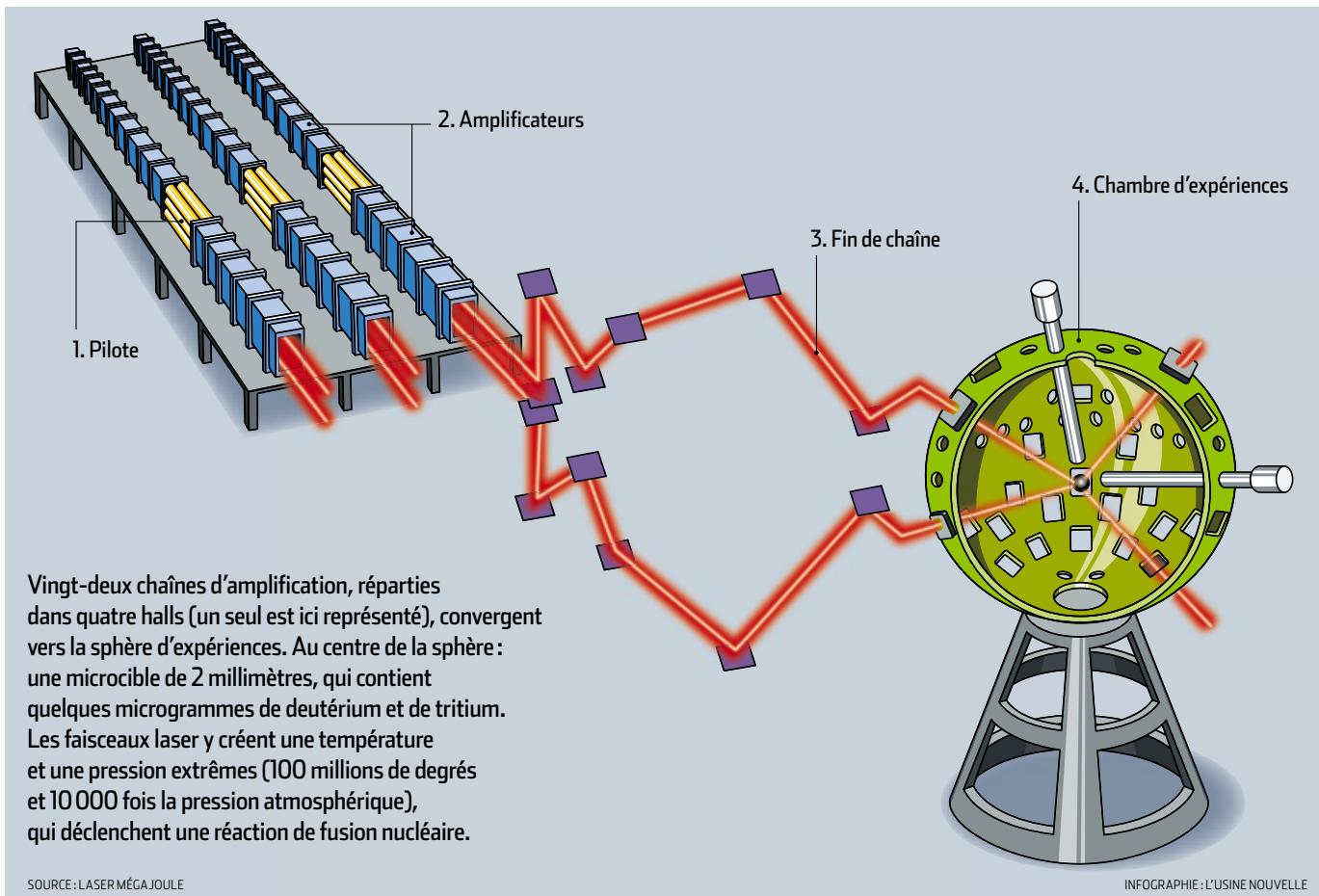
Au point de départ des faisceaux laser qui déclencheront une fusion nucléaire, il y a... une source. Soit un petit laser qui produit des impulsions très peu énergétiques (1 milliardième de joule), mais dont les caractéristiques sont extrêmement contrôlées. Sa longueur d'onde est très précise (1053 nm). Et toutes ses propriétés (forme du faisceau, durée de l'impulsion...) sont définies et calculées pour anticiper les déformations que le faisceau subira tout au long de la chaîne, afin que les performances visées soient atteintes en arrivant sur la cible. «La source laser est équipée d'un

système de diagnostic, qui permet de garantir les caractéristiques du faisceau avant de laisser partir l'impulsion dans la chaîne et d'éviter tout risque d'endommagement», explique Patrice Le Boudec, le PDG d'Idil, qui fournit les quatre sources laser du LMJ. C'est à partir de ces sources que sont créés 176 faisceaux, aussitôt pré-amplifiés à 1 joule par un module fourni par Quantel. Pour Idil, une PME de 28 personnes, le défi était aussi de s'intégrer dans le projet industriel du LMJ. Savoir faire dialoguer ses sources laser avec le logiciel de contrôle commandé fourni par Codra (il surveillera plus d'un million de variables) mais également d'assurer le suivi et la documentation dans un projet géré selon des normes de type aéronautique... Cela en valait la peine : le LMJ représente 15 % de l'activité d'Idil, et le savoir-faire acquis lui a ouvert les portes de grands projets d'instruments scientifiques, comme le European X-ray free electron laser (E-Xfel), un laser à rayons X en construction près de Hambourg.

DE L'ÉNERGIE 20 000 FOIS AMPLIFIÉE

Gigantisme, technologies de pointe et propriété sont les ingrédients indispensables pour amplifier les 176 faisceaux laser qui produiront l'énergie nécessaire aux expériences. Pour chaque chaîne laser (22 chaînes de huit faisceaux chacune sont prévues), un «tunnel» d'amplification, réalisé chez Cilas, est parcouru quatre fois pour en tirer le maximum d'énergie. Dans chaque tunnel, une succession de plaques de verre laser (dopé au néodyme) éclairées par des lampes flash. Thales fournit l'électronique de puissance qui

LE PRINCIPE DU LASER MÉGAJOULE



SOURCE : LASER MÉGAJOULE

INFOGRAPHIE : L'USINE NOUVELLE



Une source laser de très faible énergie est pré-amplifiée à 1 joule.



L'un des quatre halls qui accueillent les lignes d'amplification des faisceaux laser.



La sphère d'expériences vers laquelle convergent les 176 faisceaux laser.

commande ces lampes en une fraction de milliseconde. Les 3 000 plaques de verre laser du LMJ ont été fabriquées dans une usine dédiée à cette production. Installée aux États-Unis, elle était partagée avec le projet de laser américain similaire, le National ignition facility (NIF). Rien de standard, en fait, sur le parcours des faisceaux laser. Mais deux composants au moins, qui garantissent la qualité du faisceau issue de l'amplification, méritent attention.

À une extrémité du tunnel, un miroir fourni par Alsyom (groupe Alcen) permet au faisceau de faire ses allers-retours et de corriger les déformations du front d'onde. Un miroir adaptatif, qui se déforme grâce à des micro-actionneurs conçus par ISP System. «À partir des études pour le LMJ, nous avons constitué un catalogue et livrons maintenant des produits pour de grands lasers partout dans le monde», se félicite Paul Sauvageot, le PDG de la PME

des Hautes-Pyrénées, qui fournit aussi une bonne part des actionneurs de précision du LMJ. À côté du miroir, un autre composant sophistiqué: la cellule de Pockels. «Un organe de sécurité», résume Franck Poirier, le PDG de Sodern, la filiale d'Airbus qui fabrique la cellule. Une sorte d'«interrupteur» qui coupe une partie de l'onde quand elle risque d'endommager les optiques. Mais un interrupteur qui fonctionne en une nanoseconde... Le composant clé est un grand cristal, commandé par une haute tension électrique synchronisée avec le laser. Pour avoir une idée de sa complexité, il suffit de savoir qu'il a fallu environ un an pour fabriquer la première cellule...

Quant à la propreté, c'est simple, elle est partout. Toujours pour le même motif: la moindre poussière fait courir des risques à l'installation. Dans les halls laser, bien sûr, dont l'atmosphère est contrôlée. L'air y est renouvelé neuf fois par heure et la température régulée à 0,5 °C près. Mais l'obsession de la propreté commence bien avant. Dans l'usine de Cilas, construite spécialement à côté du LMJ, tous les composants d'un amplificateur, la structure métallique du tunnel - de la taille d'un bus -, les plaques de verre et jusqu'à la moindre vis ou rondelle, passent en machine à laver avant d'entrer dans les salles blanches d'assemblage. Chez son voisin Alsyom, responsable des grandes structures mécaniques qui supportent les composants, l'intégration après lavage a lieu dans une pièce propre de 4 000 m². Pour livrer leur unique client, les deux sites partagent un véhicule propre, véritable salle blanche sur roues qui permet de conserver la propreté jusqu'à l'installation dans les halls du LMJ.

176 FAISCEAUX FOCALISÉS SUR 1 MM

C'est la phase de distribution. Les 176 faisceaux amplifiés sont transportés et redirigés tout autour de la chambre d'expériences, qui a la forme d'une sphère. Des jeux de miroirs (aujourd'hui fabriqués aux États-Unis) réalisent ce travail. Pour les supporter, une structure mécanique de très grande stabilité, insensible aux vibrations qui pourraient perturber l'alignement de la chaîne laser, a été réalisée par Seiv (groupe Alcen). Depuis, la PME a livré des supports de miroirs pour le projet roumain de super-laser ELI. «On est devenu exportateur grâce au LMJ», reconnaît Patrice Daste, le PDG de Seiv. La Cnim a pour sa part réalisé des systèmes motorisés de positionnement des optiques: des masses de deux tonnes à déplacer au micron près...

Dernières étapes avant d'entrer dans la sphère d'expériences: la conversion de fréquences de l'infrarouge à l'ultraviolet, qui interagit mieux avec la cible, par un cristal de KDP fabriqué chez Saint-Gobain; et la focalisation, qui réduit un faisceau de 40 cm de côté à... moins d'un millimètre en arrivant sur la cible.

LA FUSION SCRUTÉE À LA LOUPE

Avec son allure de machine à voyager dans le temps, la sphère d'expériences vers laquelle convergent les faisceaux est aussi un concentré de technologies. Tout comme le hall d'expériences, qui accueille la sphère de 10 mètres de diamètre. Malgré ses 38 mètres de hauteur, le hall est plein «comme un sous-marin», selon l'expression de

3344

C'est le nombre d'optiques de grandes dimensions qui seront nécessaires au Laser mégajoule (LMJ), en première monte. Des lentilles carrées de 40 cm de côté: tous les fabricants d'optiques ne savent pas faire ça ! Le LMJ et son confrère américain, le NIF, ont poussé quelques spécialistes à développer des technologies. Thales Seso a conçu les équipements de polissage en série pour réaliser au moins 2 000 de ces grandes optiques. Le moindre défaut de surface, sous l'effet du puissant faisceau laser, peut conduire à des dégradations obligeant à changer le composant. Thales se partage le marché avec deux fabricants américains. Par ailleurs, un atelier de la société Seiv, installé à proximité du LMJ, se consacre au traitement antireflet de milliers d'optiques, par un procédé sol - gel mis au point au CEA. ■

Bernard Ponsot, le directeur des grands projets chez Cnim, maître d'œuvre des équipements du hall d'expériences. Une image qui n'est pas choisie au hasard: Cnim, fournisseur pour la défense, a travaillé sur des systèmes de lancement de missiles de sous-marins... Elle traduit aussi la complexité de l'installation et de l'intégration de ses 10 000 pièces fournies par 25 partenaires. Des robots de manutention ont même été conçus spécialement pour manipuler des charges de plusieurs tonnes dans un espace très exigu.

Au centre du hall, la sphère, fabriquée par Cegelec. Une paroi de 10 cm d'aluminium et 20 cm de béton dopé au bore, pour absorber les neutrons. Et au centre de la sphère, pendant les expériences, la cible. Une microbille contenant un mélange de deutérium et de tritium, placée dans un conteneur de deux millimètres. La sphère est bardée de systèmes mécaniques et optiques pour positionner la cible et aligner les lasers. Et d'instruments pour observer et mesurer ce qui se passe pendant l'expérience. Bertin, filiale de Cnim, a fourni le système de positionnement des cibles. Des bras télescopiques de plusieurs mètres, qui assurent une précision d'une dizaine de microns... Quant aux cibles, elles relèvent de la direction des applications militaires du Commissariat à l'énergie atomique (CEA-DAM). Plusieurs dizaines de types de cibles sont prévues, selon les expériences réalisées. Elles sont fabriquées au centre du CEA de Valduc (Côte-d'Or), spécialisé dans les matériaux nucléaires.

En régime de croisière, le LMJ est dimensionné pour réaliser de 50 à 200 expériences par an (soit au maximum une par jour), ce qui correspond au cahier des charges fixé par les armées. Mais un peu de place sera ménagée à Petal, un faisceau laser de forte puissance (plusieurs petawatts), installé dans l'un des halls du LMJ, et qui partagera sa sphère d'expériences. Les impulsions de Petal, ultracourtes et 100 fois plus puissantes que celles du laser mégajoule, seront destinées à la recherche scientifique. Son démarrage est prévu fin 2015. ■

Success story

SPRING DOMINE LA SIMULATION D'USINAGE

L'éditeur français Spring Technologies développe depuis vingt ans des outils de CFAO, devenus aujourd'hui des références mondiales.

PAR JEAN-FRANÇOIS PREVÉRAUD

UN CHAMPION CACHÉ
● 10 millions d'euros de chiffre d'affaires en 2014
● 30 % à l'export
● 800 clients
● 100 personnes , dont 26 en R&D
● 1 brevet

Qu'est ce qui fédère l'US Air Force, Toyota, Bosch, Thales, Hyundai Heavy Industries, Swarowski et Nike? Tous utilisent les logiciels de la gamme NCSimul de l'éditeur français Spring Technologies pour la simulation de leurs usinages. Belle réussite pour une PME créée en 1983 par quatre transfuges de l'éditeur Computervision, alors leader du marché de la CFAO (conception et fabrication assistées par ordinateur). Quatre spécialistes des services autour du logiciel Cadds, dotés de compétences rares, appréciées de tous les grands comptes, notamment pour la conception de post-processeurs pilotant les contrôleurs des machines-outils chargées de l'usinage. Et aussi quatre experts de l'imagerie à destination des architectes, qui développeront le logiciel Iko-Light.

Mais la crise de 1991-1992 les fait douter. La montée en puissance d'Unix (OS des grands systèmes) allait, selon eux, banaliser la CFAO et diluer leurs savoir-faire, tandis que l'architecture - l'autre versant de leur activité - restait éloignée de l'imagerie faute de moyens. Ils étaient prêts à jeter l'éponge. C'était sans compter sur l'opiniâtreté de leur directeur commercial Gilles Battier, un ingénieur ayant fait ses classes chez SGAO, la structure de Saint-Gobain dédiée à l'implémentation de la CFAO dans le groupe. «Certes, la croissance du marché va entraîner celle de la concurrence, mais peu d'entreprises ont notre compétence. Si nous savons l'étendre à d'autres systèmes de CFAO tel Catia, nous allons retrouver la croissance», explique-t-il alors. Il est propulsé PDG en 1994. Il rencontre Bernard Girard, le responsable opérationnel chez PSA empêtré dans les deux systèmes de CFAO de ses filières mécanique et carrosserie. Il lui propose alors de maintenir les interfaces entre les deux systèmes et de développer les post-processeurs pour la FAO.



Gilles Battier, un pilier de la CFAO

Enfance nomade pour le PDG Gilles Battier, dont le père, ouvrier devenu ingénieur grâce à l'ascenseur social de Michelin, a travaillé au Vietnam, au Brésil, en Algérie et en Côte d'Ivoire. De retour en France à l'âge de 13 ans, c'est un prof de collège qui lui transmet la passion pour les maths. Mais en rugbyman émérite, passionné par le tennis et le ski, il préfère la fac aux classes prépa pour garder du temps libre. Puis il se réoriente vers une école d'ingénieurs, l'Ensimev à Valenciennes, où il monte le club de rugby et apprend la CFAO en même temps que ses professeurs. Dès sa première année, il obtient une formation chez Computervision et crée une junior-entreprise autour de la CFAO pour des industriels novices en la matière.

Il peaufinera sa culture industrielle lors de stages chez Sambre et Meuse, ANF et SGAO. Appelé sous les drapeaux, il décroche un poste à la brigade des sapeurs-pompiers de Paris, où il apprend à gérer risques, moyens et hommes en temps de crise. Fin 1988, il rejoint Spring Technologies pour y lancer des activités de conseil. Il est nommé PDG en 1994. Au contact des clients pour lesquels il conçoit des post-processeurs, il est éffaré par l'immobilisation des machines lors de la mise au point des programmes d'usinage. Il agrège les savoir-faire maison pour développer un simulateur d'usinage «offline». NCSimul était né. Il part convaincre les usineurs aux quatre coins du monde et imposer la technologie de Spring. ■

Gilles Battier se rend également compte que ses clients passent beaucoup de temps à mettre au point les parcours d'outils sur machine. Un non-sens qui immobilise les appareils sans pour autant annuler les risques de collisions. «Ne pourrait-on pas réaliser graphiquement quelque chose qui les aiderait?», s'interroge le PDG. La simulation d'usinage NCSimul était née. Une véritable aide à la vérification «offline» pour les services méthodes, dont beaucoup programmaient

encore manuellement les machines. Un logiciel d'autant plus efficace que les avancées dans le domaine de l'imagerie ont permis de développer des rendus réalistes simplifiant l'usage du logiciel et la compréhension des simulations.

Une productivité globale optimisée

Contrairement aux outils de CFAO, NCSimul intègre dès le début les réalités de l'atelier: détection de collision, optimisation des parcours d'outils et enlèvement de matière. «Je me suis douté que les industriels allaient demander aux machines de faire des choses de plus en plus complexes, avec des cinématiques sophistiquées et un nombre d'axes grandissant. Nous avons prévu cette évolution dans nos algorithmes», précise Gilles Battier. Spring Technologies a ainsi accueilli sereinement l'arrivée des machines 5 axes et plus, des mill-turn et des robots. L'entreprise a su également étoffer son offre au service de l'atelier en gérant les outils, en suivant l'activité des machines, en générant les documents de travail, allant même jusqu'à offrir le suivi d'usinage en temps réel sur tablette. Reconnue en France pour ses compétences, l'entreprise a accompagné les grands groupes industriels (PSA, Renault, Alstom, Thales, Airbus...) dans leurs implantations internationales, en ouvrant des bureaux en Allemagne, aux États-Unis et en Chine. Une démarche qui lui a permis de conquérir des sous-traitants

locaux et des groupes internationaux (Toyota, Canon, ZF...), séduits par l'intégration de l'offre.

«Aujourd'hui, seuls 5% des utilisateurs de FAO simulent leurs parcours d'usinage avant de les donner à l'atelier. C'est dire les gisements de productivité qu'il reste à découvrir», précise Gilles Battier. C'est pourquoi, outre les gains liés à l'optimisation des parcours et à la suppression des collisions, Spring met l'accent sur le suivi des ateliers et des machines, tant pour augmenter la productivité globale que pour détecter les usures pénalisantes pour la qualité. Le temps gagné par les opérateurs et les régleurs pourrait servir à remonter les savoir-faire et les faits techniques de l'atelier vers les méthodes, afin de mieux programmer les usinages et cerner les zones à risques dans les parcours. Des recherches menées avec des groupes industriels et des laboratoires dans le cadre de projets des pôles de compétitivité Systematic et ASTech, où Spring Technologies est très présent.

Autre constat, les industriels voudraient changer la machine de destination d'un programme sans avoir à tout reprogrammer. C'est pourquoi l'éditeur français travaille sur un outil capable de remonter des données techniques et des fonctions de simulation vers l'amont, pour rendre la programmation plus simple, plus rapide et plus flexible dans les outils de FAO. Spring se donne les moyens de rester leader sur son marché. ■



Nous ÉQUIPONS, VOUS CALCULEZ

GENCI (Grand Equipement National de Calcul Intensif)

acquiert et met à disposition des moyens de calcul performants pour les communautés scientifiques mais aussi les industriels français qui, avec un porteur de projet académique, souhaitent réaliser des travaux de recherche.

GENCI

Avec les **investissements** réalisés, GENCI met aujourd'hui à disposition **plus d'un milliard** d'heures de calcul par an

www.genci.fr
contact@genci.fr

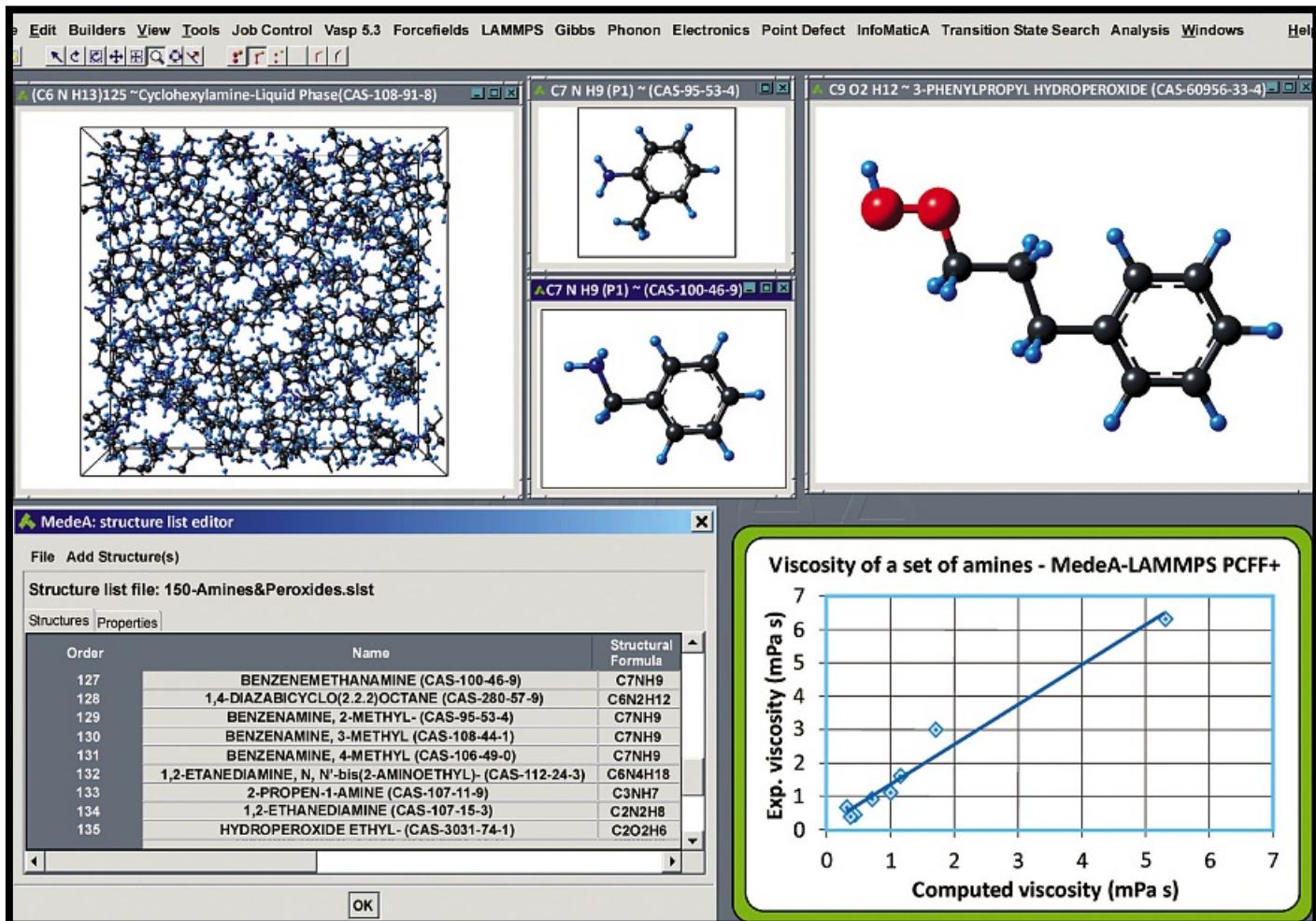
● **PORTE LA STRATÉGIE NATIONALE D'ÉQUIPEMENT EN MOYENS DE CALCUL INTENSIF** en lien et pour les trois centres nationaux de calcul

● **PARTICIPE AU DÉVELOPPEMENT D'UN ÉCOSYSTÈME INTÉGRÉ DU CALCUL INTENSIF** à l'échelle européenne

● **ASSURE LA PROMOTION DE LA SIMULATION NUMÉRIQUE ET DU CALCUL INTENSIF** auprès des scientifiques et des industriels

GENCI est **engagé** dans l'infrastructure de recherche **PRACE**, **réseau européen** de calculateurs de **classe mondiale** accessible aux chercheurs et aux industriels.

Avec Bpifrance et Inria, GENCI pilote l'**Initiative HPC-PME** pour aider les PME françaises à intégrer la simulation numérique et gagner en compétitivité



Le logiciel de modélisation moléculaire de Materials Design automatise les calculs réalisés avec les méthodes mises au point au sein du projet Predimol.

Chimie REACH ASSISTÉ PAR ORDINATEUR

L'ordinateur peut évaluer la toxicité, mais aussi les risques d'explosion et d'incendie des produits chimiques enregistrés dans le cadre du règlement européen Reach.

PAR THIERRY LUCAS

Calculer les propriétés d'une substance au lieu de les mesurer, c'est le domaine de la modélisation moléculaire. Mais celle-ci a un autre champ d'application devant elle : la réglementation. Notamment Reach, le règlement européen entré en vigueur en 2007, qui impose aux industriels de déposer des dossiers sur les caractéristiques potentiellement toxiques ou dangereuses de milliers de produits. Jusqu'ici, les logiciels disponibles visaient la prédition des propriétés toxiques ou écotoxiques. Leur développement s'est accéléré avec les pressions croissantes exercées contre les expérimentations animales.

Aujourd'hui, c'est l'autre volet des déclarations Reach qui peut bénéficier de l'aide de l'ordinateur : le calcul des propriétés physico-chimiques dangereuses (explosibilité, inflammabilité...) grâce à des modèles développés dans le projet Predimol, conclu en mai 2014. Mené par l'Institut national de l'environnement industriel et des risques (Ineris) avec Arkema, entre autres, Predimol avait pour objectif de mettre au point des logiciels capables de calculer les données manquantes concernant des produits utilisés couramment

dans l'industrie chimique. «Au-delà de Reach, l'enjeu pour nous était d'évaluer la confiance que l'on peut accorder à ces méthodes pour calculer les caractéristiques de nos produits», explique David André, le responsable du laboratoire de sécurité des procédés et des produits, chez Arkema.

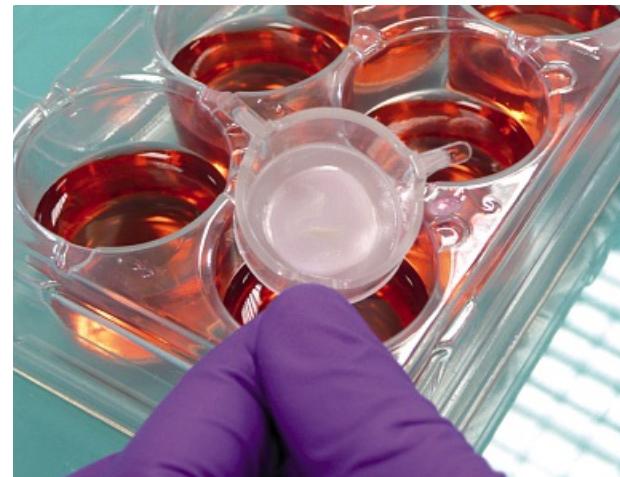
Le projet s'est focalisé sur deux familles de substances : les peroxydes organiques, utilisés dans de nombreux procédés de synthèse de polymères, et les amines, qui interviennent dans diverses synthèses de la chimie fine et de la pharmacie. Pour évaluer la stabilité des peroxydes organiques, deux modèles ont été mis au point et testés pour établir une relation quantitative entre la structure d'une molécule et deux propriétés thermiques caractéristiques : la chaleur et la température de décomposition. Ces deux modèles appelés QSPR (quantitative structure-property relationship) devraient être intégrés en 2015 dans une boîte à outils créée par l'OCDE, un ensemble de logiciels mis à la disposition des industriels. «L'Ineris a déjà développé un modèle de prédiction des propriétés explosives des composés nitrés (du type TNT)», signale Patricia Rotureau, responsable du projet à l'Ineris. Un début. Car la mise au point des modèles prédictifs QSPR est un long processus (le projet Predimol a duré quatre ans).

Un usage encore complexe

Pour développer un modèle QSPR, qui calcule les propriétés physico-chimiques, comme un modèle QSAR (quantitative structure-activity relationship) pour prédire les effets biologiques, il faut souvent commencer par... réaliser des expérimentations et des mesures. Une étape nécessaire à la création d'une base de données réunissant un nombre suffisant de produits, dont les structures chimiques et les propriétés seront ainsi connues. Et c'est à partir de cette banque d'informations qu'il sera possible de déduire les équations qui permettront de prédire les caractéristiques d'autres substances de la même famille, d'après leur structure chimique.

Ainsi, pour construire le modèle sur les peroxydes, l'Ineris et Arkema ont d'abord complété une base de données sur une quarantaine de produits de cette famille. «Les deux tiers des produits recensés ont servi à construire le modèle. Le reste a permis de le valider, en vérifiant que les prédictions étaient correctes», indique Patricia Rotureau. Du côté d'Arkema, on précise que ces résultats ne sont qu'une première étape. «Nous commençons à utiliser ces modèles en recherche pour prévoir les propriétés des produits en développement. Mais leur utilisation dans un cadre réglementaire nécessite encore des efforts, pour que ces approches soient reconnues et acceptées par les autorités, processus dans lequel l'Ineris s'est

Les tests in vitro sur des tissus reconstruits en laboratoire font partie des méthodes alternatives.



Les méthodes alternatives

Pour mener à bien le chantier de Reach, qui consiste à recueillir des données sur des dizaines de milliers de substances à enregistrer avant le 1^{er} juin 2018, l'Agence européenne des produits chimiques (Echa) encourage le recours à des méthodes dites alternatives, sans expérimentation animale. Il existe des méthodes in vitro (tests sur des cellules, tissus ou organes) et des méthodes in silico (QSAR), qui calculent l'activité d'une molécule en fonction de sa structure chimique. D'après

un rapport récent de l'Echa, l'utilisation des logiciels QSAR reste minoritaire. Tandis que les méthodes dites de lecture croisée (read across), plus simples à utiliser et capables de formuler des hypothèses sur la toxicité en comparant un petit nombre de molécules analogues, sont bien plus prisées. Les logiciels QSPR complètent l'arsenal des techniques à la disposition des industriels, en prédisant par le calcul les propriétés physicochimiques dangereuses (explosivité, inflammabilité). ■

engagé», précise David André. En effet, un modèle QSPR a un domaine d'application – le type de molécules et de propriétés visées – assez restreint et il peut être assez délicat de prouver sa validité dans le cadre d'un dossier réglementaire. Le précédent des modèles QSAR utilisés pour prédire les effets sur les organismes biologiques invite à la prudence.

L'usage des méthodes QSAR dans Reach est encore minoritaire. La principale raison ? S'il existe un grand nombre de logiciels disponibles, gratuits ou payants, ils sont utilisés pour la recherche, plutôt en amont, pour cibler un grand nombre de molécules. Mais ils ne sont pas vraiment adaptés à une exigence réglementaire. «Quand il s'agit d'affirmer qu'une molécule est toxique ou non toxique, cancérogène ou non cancérogène, les modèles n'ont pas forcément le niveau de précision nécessaire», affirme Enrico Mombelli, spécialiste des modèles pour l'écotoxicologie et la toxicologie à l'Ineris. Par ailleurs, les techniques QSPR et QSAR sont forcément complexes et leur usage requiert de l'expertise, autre obstacle à la banalisation des méthodes in silico. Un partenaire de Predimol, Materials Design, spécialiste de la modélisation moléculaire, facilite l'usage de ces logiciels en créant des interfaces qui automatisent la préparation du calcul et l'exploitation des résultats. Comme dans le cas de Reach, la génération automatique de listes de molécules de structures proches, sur lesquelles des calculs sont ensuite lancés. ■

TROIS UTILISATIONS POSSIBLES

● **Dans un cadre réglementaire** (Reach, transport de matières dangereuses...) pour calculer les données manquantes sur des substances.

● **En recherche et développement**, pour identifier des molécules dangereuses en amont du processus.

● **Dans un procédé de fabrication** existant pour remplacer une molécule dangereuse par une autre qui l'est moins.

Conception RETOUR À LA CASE DÉPART POUR LES COMPOSITES

Alors que l'on sait pratiquement tout simuler sur un véhicule actuel, l'adoption des matériaux composites va changer la donne. Des recherches sont en cours pour établir leurs lois de comportement.

PAR JEAN-FRANÇOIS PREVÉRAUD

Archimède disait: «Donnez-moi un point d'appui et un levier, je soulèverai le monde.» De leur côté, les experts de la simulation clament: «Donnez-nous les bons modèles comportementaux et les bonnes valeurs expérimentales, nous simulerons tous les composites du monde!» Étonnant. Si les codes de calcul et solveurs utilisés pour les métaux sont pertinents pour les composites, la compréhension des lois de comportement des matériaux composites reste limitée. Même problème pour les valeurs tirées de l'expérimentation physique, permettant de «recaler» les modèles pour qu'ils soient le plus représentatifs de la réalité. Dans ce domaine, presque tout reste à modéliser. Pour l'heure, seule la fabrication des métaux est totalement maîtrisée. On connaît aujourd'hui avec précision leur composition et donc leurs constantes physiques, qui ont été établies par une multitude d'essais. En outre, les métaux sont aussi des matériaux isotropes: ils réagissent de la même façon aux sollicitations réalisées dans toutes les directions d'observation. A contrario, les matériaux composites sont beaucoup plus «jeunes» et en constante évolution.

Une approche probabiliste

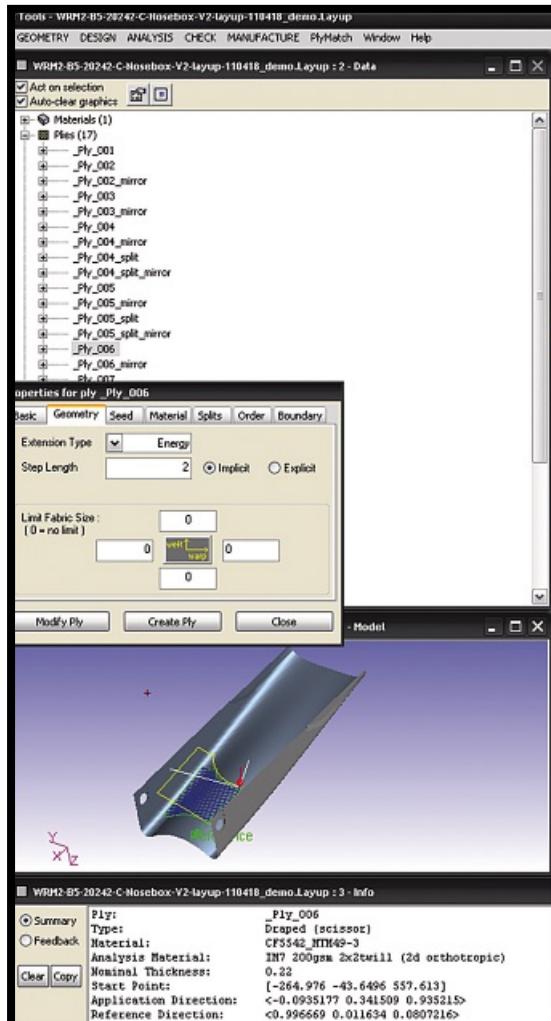
Qu'il s'agisse de résines renforcées de fibres courtes, ou de nappes de matériaux à fibres longues noyées dans de la résine, les matériaux composites ont un comportement anisotrope. Comportement qui dépend entre autres de la nature, de l'épaisseur et de l'orientation des différentes couches. De plus, en fonction de la géométrie de la pièce, l'orientation relative des nappes peut varier localement dans le moule et créer une zone se comportant de façon différente.

On comprend vite que s'il est facile de «mettre en équation» le comportement des métaux, il en va tout autrement



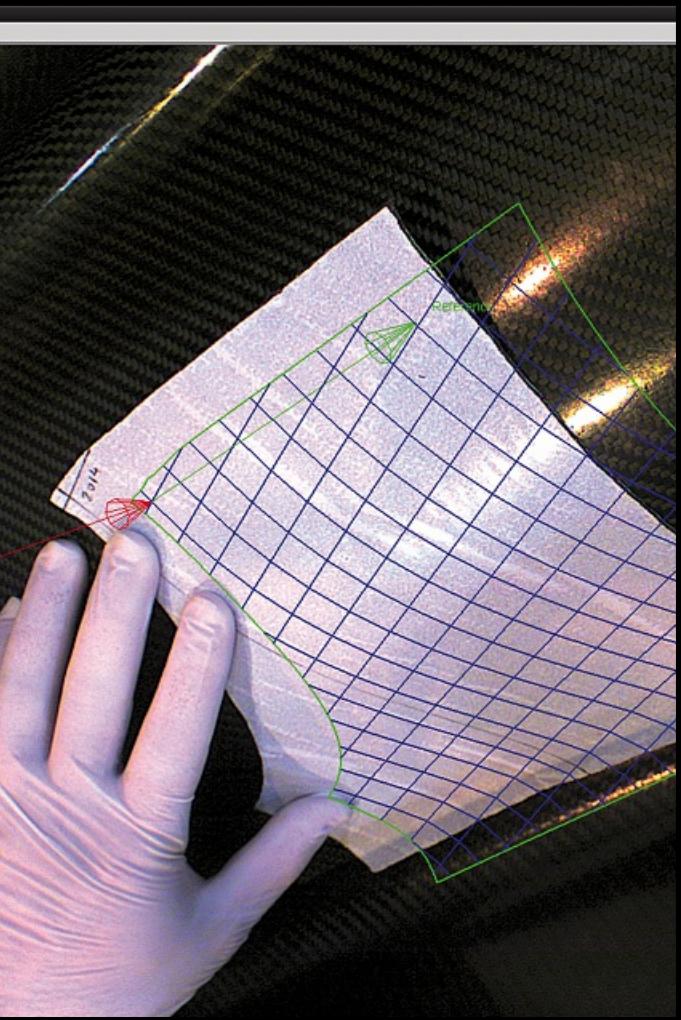
«Quand on caractérise les composites, on n'obtient pas une courbe mais un nuage de points. Il faut passer d'une approche déterministe à une approche probabiliste.»

Patricia Millot, spécialiste des composites chez Dassault Systèmes



Anaglyph a conçu un outil de conception des pièces structurales en matériaux composites.

pour les matériaux composites avec lesquels il faut travailler simultanément à l'échelle macro et microscopique. «Que l'on raisonne en termes de grands process de fabrication des pièces automobile (fonderie, emboutissage, forge, soudage...), de performance des pièces (résistance, fatigue, vibration...) ou de crash d'un sous-ensemble ou d'un véhicule complet, la simulation de la filière métal est très bien maîtrisée. Cette technique permet d'approcher rapidement à quelques pour cent le comportement physique réel», estime Jean-Christophe Allain, business development manager pour les transports terrestres chez l'éditeur français ESI Group. En revanche, le problème se corse à cause des multiples dispersions inhérentes aux matériaux composites. «On ne pourra pas se contenter de quelques



itérations, il va falloir mettre au point de nouvelles méthodologies de calcul, de véritables plans d'expériences, qui donneront une enveloppe de résultats avec un pourcentage de survenue d'incidents», poursuit Jean-Christophe Allain. Une analyse confirmée par Patricia Millot, spécialiste de la simulation des composites chez Dassault Systèmes: «Lorsqu'on caractérise les matériaux composites, on n'obtient pas une courbe comme pour les métaux, mais un nuage de points. Il va donc falloir passer d'une approche déterministe à une approche probabiliste dans une enveloppe de résultats pour le calcul».

Et ce qui est vrai pour la simulation de la pièce l'est aussi pour la simulation des process de sa fabrication. «Comme pour le métal, on peut ajuster précisément les paramètres d'un process de fabrication, ampérage et pression d'une pince de soudure, par exemple, pour arriver à ce qui a été optimisé par simulation, constate Antoine Langlois, senior technical manager de MSC Software France. Or, la reproductibilité des process de production des composites et de tous les ingrédients nécessaires, conduit à des dispersions importantes.» Et il ne sera pas toujours possible de reproduire ces comportements. La fatigue et la durabilité des matériaux composites sous contraintes ou exposés au soleil ou à l'humidité sont donc des phénomènes mal connus. «Il est clair que les modèles

DR

Le crash test virtuel doit faire des progrès

Le crash test virtuel est crucial pour la sécurité chez les constructeurs automobiles, car il représente finement le comportement d'un véhicule dans une multitude de cas d'accidents. Mais ce qui est faisable sur les véhicules actuels le sera-t-il lorsqu'ils intégreront une forte proportion de composites? Rien n'est moins sûr. Les crashes induisent de grandes vitesses de déformation et de grands déplacements avec des modes de ruine complexes.

«Autant ils sont maintenant bien connus pour les métaux, autant de nombreuses recherches sont encore nécessaires pour les composites, car on a simultanément du déclamination de couches et des ruptures de fibres et de résine», constate Antoine Langlois de MSC Software. «Mais rien n'est insurmontable. Nous en sommes simplement où nous en étions avec les métaux il y a 15 ans», tempère Jean-Christophe Allain, d'ESI Group. ■

comportementaux que nous utilisons pour la fatigue des métaux ne pourront pas être utilisés pour les composites, en raison de leur hétérogénéité», explique Pierre Thieffry, chef de produit chez Ansys.

Modéliser le vieillissement des composites

Par ailleurs, l'intégration prometteuse de fibres naturelles (chanvre, lin...) dans des résines pose le problème de la caractérisation des biomatériaux, très hétérogènes. C'est pourquoi de nombreux essais et recherches sont menés chez les constructeurs, les fournisseurs de matière et les éditeurs de logiciels de simulation, avec l'appui de laboratoires universitaires. Des recherches à la fois coûteuses et longues, peu compatibles avec les sorties de véhicules bardés de composites prévues dès 2020. «Il va donc falloir que les constructeurs définissent une palette restreinte de matériaux et d'applications standard, afin de limiter les champs d'investigation. Grâce à leur temps de cycle de fabrication réduit, les thermoplastiques semblent aujourd'hui à la pointe», estime Jean-Christophe Allain.

Autre point important dans la simulation d'éléments en matériaux composites : leur assemblage. Qu'il s'agisse de collage ou de rivetage, beaucoup de travaux de modélisation et de caractérisation restent encore à mener, notamment en matière de vieillissement et de résistance à la fatigue. Le remplacement progressif des matériaux métalliques par des composites va imposer un recours beaucoup plus important à la simulation durant le développement et l'optimisation des pièces concernées. Heureusement, les capacités de traitement des supercalculateurs augmentent aussi vite que la taille des modèles. Cela représentera néanmoins un surcoût non négligeable, qui pèsera alors dans l'équation économique globale de l'allégement des véhicules. ■



Le Campus Teratec

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

www.teratec.eu



Le Très Grand Centre de calcul du CEA

CCRT

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



www.hpc.cea.fr

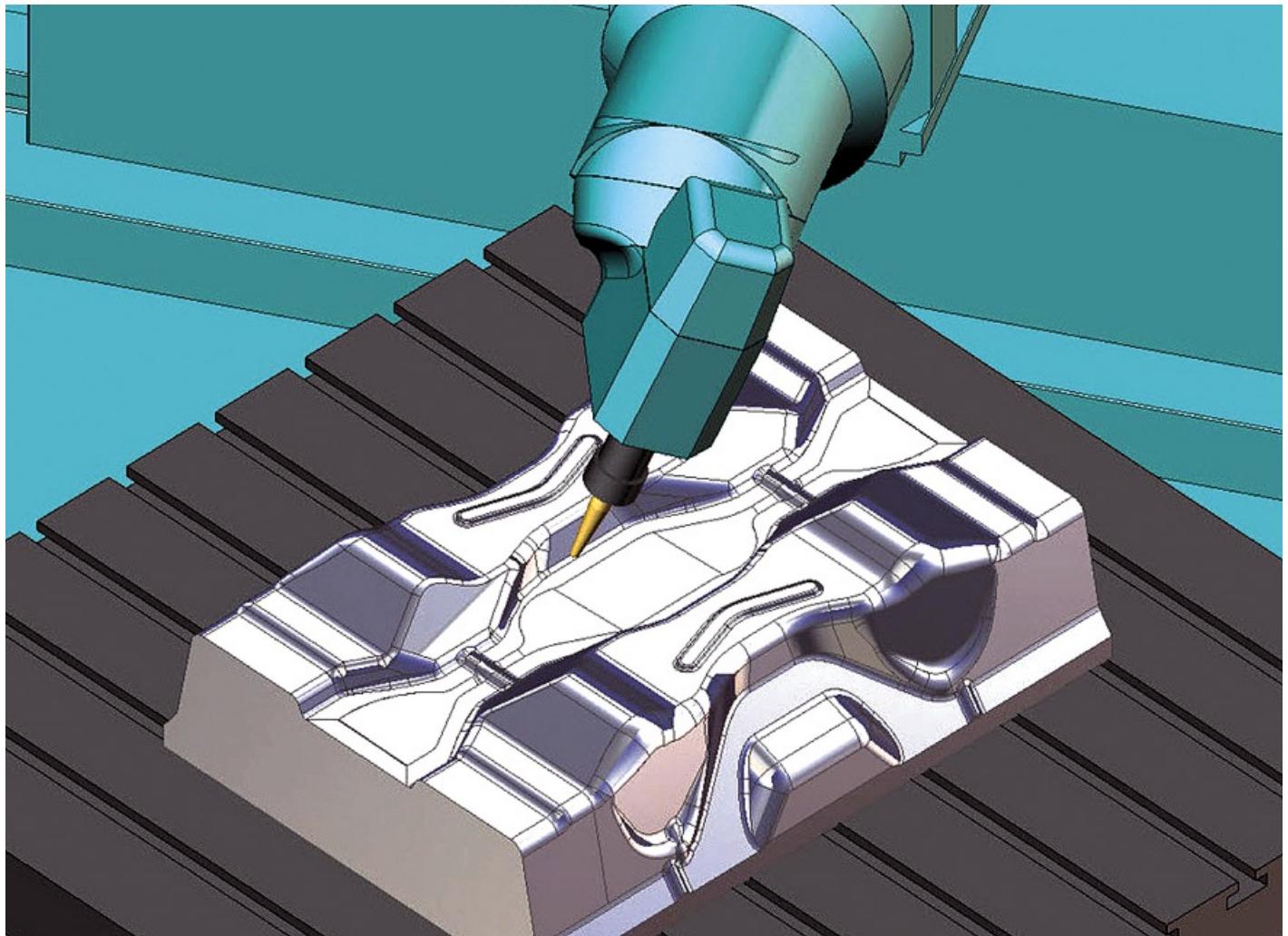
Contacts & Informations



jean-pascal.jegu@teratec.fr
Tel. +33 (0)9 70 65 02 10
Campus Teratec
2 rue de la Piquetterie
91680 Bruyères-le-Châtel - France



Christine.menache@cea.fr
Tel. +33 (0)1 69 26 62 56
TGCC
2 rue de la Piquetterie
91680 Bruyères-le-Châtel - France



La frontière de plus en plus ténue entre logiciels de simulation et de FAO permet aux industriels de disposer de chaînes logicielles complètes.

D.R.

Production

SIMULER L'USINAGE ET BIEN AU-DELÀ...

Le monde de la fabrication assistée par ordinateur est en pleine mutation, avec des logiciels qui s'enrichissent de nouvelles fonctions.

PAR FRÉDÉRIC PARISOT

Les logiciels de fabrication assistée par ordinateur (FAO) sortent de leur champ d'application traditionnel. Leurs fonctions n'avaient pas beaucoup évolué depuis leur apparition dans les années 1980. Avec l'arrivée des logiciels de simulation, tout s'accélère. À tel point que, aujourd'hui, la limite entre FAO et simulation de fabrication s'estompe. Dans les deux cas, il s'agit de simuler un enlèvement de matière sur une pièce brute pour obtenir une pièce finie. Mais la FAO consiste à définir une stratégie d'usinage (trajectoires d'outils, nombre de passes, vitesses d'avance...), alors que la simulation d'usinage est une représentation virtuelle du programme qui sera exécuté sur la machine. Un logiciel FAO travaille sur le fichier de conception assistée par ordinateur (CAO) de la pièce, sans tenir compte de la géométrie de la machine-outil, tandis qu'un simulateur d'usinage exécute le programme de commande numérique Iso qui sera injecté dans la machine, où chaque mouvement est décomposé et réparti sur les différents axes de la machine. Or ces deux activités se retrouvent de plus en plus souvent associées au sein d'une même suite logicielle. Pour preuve, le partenariat conclu début 2014 entre deux éditeurs français. TopSolid, le logiciel de CAO-FAO de Missler Software, peut désormais être livré

avec le module de simulation d'usinage NCSimul de Spring Technologies [lire page 38]. Grâce à cet accord, les industriels disposent désormais d'une chaîne logicielle complète, de la conception à la simulation. Mais le monde de la FAO ne lorgne pas qu'en direction de la simulation. Entre autres nouveautés, les logiciels récents peuvent communiquer avec des robots, proposer un suivi en temps réel de la fabrication ou encore intégrer l'impression 3D.

FORMER LES ROBOTS

Les machines-outils n'ont cessé de gagner en complexité ces dernières années. Les tours et fraiseuses simples, à 2 ou 3 axes, ne sont plus la norme. Ils sont remplacés par des centres d'usinage mixtes, qui mêlent tournage et fraiseage et comptent jusqu'à 5 axes. Dans les logiciels FAO, le post-processeur, c'est-à-dire l'algorithme qui décompose les trajectoires en ordres compréhensibles par les différents moteurs de la machine, joue un rôle de plus en plus prépondérant. Il détermine la qualité d'une solution de FAO, et les éditeurs doivent proposer des post-processeurs pour tous types de machines et, depuis peu, pour les robots. «Certains industriels usinent des pièces directement entre les pinces du robot, donc les logiciels FAO doivent être capables de générer du code pour les robots en plus du code ISO», lance Christian Arber, le PDG de Missler Software (210 salariés, 27,5 millions d'euros de chiffre d'affaires).

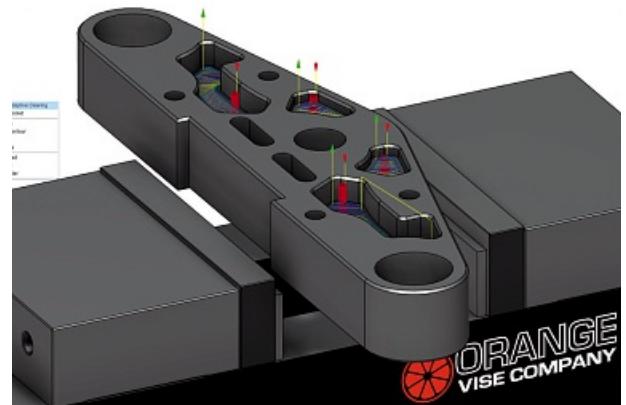
S'ils gagnent en complexité, les logiciels de FAO et de simulation deviennent aussi plus réalistes. Ils ne se contentent plus d'afficher un cylindre transparent pour illustrer l'outil. «Nous représentons désormais tout l'environnement de la pièce, notamment le système de bridage et la broche de l'outil», indique Romain Pitette, le responsable produit Solid Edge chez Siemens PLM Software.

OPTIMISER LE GESTE DES OPÉRATEURS

Côté usages, la FAO s'emploie désormais jusque dans l'atelier. Longtemps réservés aux ingénieurs des bureaux d'études et bureaux des méthodes, les logiciels savent depuis peu s'adresser aux opérateurs. En effet, Siemens PLM Software, Spring Technologies et Autodesk ont lancé l'an passé des fonctions de détection de collisions. Il s'agit de prévenir tout risque de choc entre la pièce et la machine, lorsque l'opérateur effectue des réglages ou exécute un programme pour la première fois. Quand l'opérateur fait bouger la machine manuellement, le logiciel lui indique dans quel sens il peut avancer sans risque. Spring Technologies va encore plus loin avec des fonctions de suivi de production en temps réel, depuis une tablette. «Les opérateurs savent à tout moment où en est la machine. Ils peuvent en suivre plusieurs simultanément et anticiper les changements d'outils, ce qui leur fait gagner beaucoup de temps», insiste Olivier Bellaton, le directeur général de l'éditeur français (100 salariés, 10 millions d'euros de chiffre d'affaires).

INTÉGRER L'IMPRESSION 3D

Le lancement par DMG Mori d'une machine-outil hybride, à la fois imprimante 3D et centre d'usinage 5 axes, n'est pas passé inaperçu. «Nos logiciels doivent pouvoir générer



CAM 360, la solution de FAO d'Autodesk est disponible sur le cloud.

Le cloud pour fabriquer en collaboratif

La FAO et la simulation d'usinage ont toujours été des activités gourmandes en ressources.

Algorithmes d'optimisation de trajectoires et autres moteurs de rendus doivent être installés sur de puissants serveurs si l'on ne veut pas que les calculs prennent plusieurs jours. C'est ce qui a poussé l'éditeur américain Autodesk à porter son offre de logiciels de fabrication sur le cloud, c'est-à-dire via internet. Comme les calculs sont effectués dans des centres de données à distance, l'utilisateur peut travailler depuis n'importe quel

PC. Mais le cloud apporte surtout une dimension collaborative.

«Si un ingénieur éprouve des difficultés avec une pièce, il peut facilement faire appel à un collègue plus expérimenté, même si ce dernier est sur un autre site. Il lui suffit pour cela d'ouvrir une session de travail partagée», explique Anthony Graves, le chef de produit CAM 360 chez Autodesk. Cette session de travail collaboratif peut également être partagée avec un ingénieur du bureau d'études, qui pourra intervenir en temps réel sur la conception de la pièce. ■

des programmes pour ces machines d'un nouveau genre, car un client qui achète ce type d'équipement dernier cri a besoin de la chaîne logicielle correspondante», commente Christian Arber. Le monde de la FAO qui, par définition, s'appliquait uniquement à l'enlèvement de matière, ou fabrication soustractive, s'intéresse donc de près à la fabrication additive. Spring Technologies et Altair (2200 salariés, 300 millions d'euros de chiffre d'affaires) réfléchissent à un module spécial pour simuler les procédés de fabrication additive. «Dans ce domaine, il existe déjà des fonctions pour faciliter la conception, comme les outils d'optimisation topologique qui dessinent la pièce en fonction des contraintes à encaisser, mais demain nous pourrons simuler ce qui se passe pendant la fabrication, à l'échelle de la matière», assure François Weiler, le directeur marketing Europe du Sud chez Altair. ■

INNOVATION BY SIMULATION
SIMULER POUR INNOVER

Forum Teratec

le rendez-vous international
The international meeting

HPCBIG DATA SIMULATION

23 & 24 juin/June 2015

ECOLE POLYTECHNIQUE
PALAISEAU - FRANCE

www.teratec.eu



Ter@tec



Platinum Sponsors :



Gold Sponsors :



SEAGATE



Silver Sponsors :

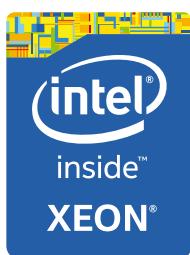


Serveur bullion : conçu pour le Big Data

Issu des technologies développées pour les supercalculateurs les plus puissants du monde, bullion est le nouveau serveur emblématique Bull, la marque des technologies du groupe Atos. Conçu pour le Big Data et les traitements massifs "in memory", équipé de 2 à 16 processeurs Intel® Xeon® E7 et doté jusqu'à 24 To de mémoire, bullion permet de transformer en temps-réel les données des entreprises en information créatrice de valeur.



Intel, le logo Intel, Intel Inside, le logo Intel Inside, Xeon, Xeon Inside sont des marques déposées ou enregistrées d'Intel Corporation aux Etats-Unis et/ou dans d'autres pays.



Bull
atos technologies