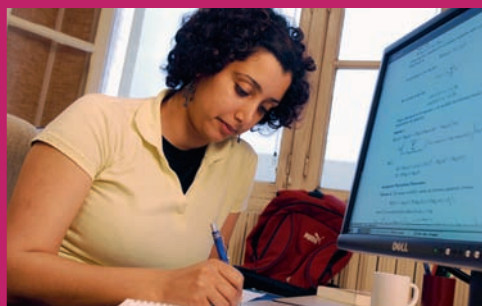


# Les sciences **DU NUMÉRIQUE**



## Solar Impulse

Un pari fou d'André Borschberg  
et Bertrand PICCARD

Études scientifiques  
Les meilleures filières

•• bayard

**PHOSPHORE**

INSTITUT NATIONAL  
DE RECHERCHE  
EN INFORMATIQUE  
ET EN AUTOMATIQUE

 **INRIA**

# ÉDITO

**Vous convaincre de l'importance du numérique ? Face à vos yeux qui glissent de l'écran de l'ordinateur à celui du portable, vos oreilles sous un casque diffusant de la musique, vos doigts occupés à taper un SMS, la proposition semble absurde : vous plébiscitez déjà ses applications. Mais les chiffres sont là : vous hésitez à passer de l'autre côté, à vous engager dans les filières scientifiques, celles qui vous permettront d'inventer, de poser des équations et des algorithmes et de créer les révolutions techniques des prochaines années. Une aventure qui vaut pourtant bien une partie de World of Warcraft. Nous l'avons vérifié en côtoyant les chercheurs, en suivant leur travail quotidien au sein de l'Institut national de recherche en informatique et en automatique (INRIA) qui nous a ouvert ses portes en grand. Dans ces huit centres de recherche implantés dans toute la France, avec ses 4 000 personnes, dont 3 000 scientifiques, nous avons pu découvrir toutes les facettes d'une science en mouvement, du travail théorique aux applications spectaculaires, en passant par les créations d'entreprises... Ses chercheurs donnent de premières clés pour comprendre les sciences du numérique et des dizaines d'exemples qui donnent envie de s'y coller.**

DAVID GROISON

# Sommaire

## Le numérique, une révolution en marche

**Appara dans les années 1940, l'ordinateur général public équipe aujourd'hui plus d'un foyer sur deux en France ! Chaque année dans l'Hexagone, il s'en vend quatre millions, dont plus de la moitié sont des portables. L'informatique est de plus en plus accessible et mobile ! Et l'arrivée des mini-PC reflète une tendance déjà bien engagée avec les tablettes et les smartphones qui permettent de recevoir le télé sur son téléphone, l'application des GPS... Quels bouleversements : la révolution du numérique, débute-t-elle ? Il y a à peine plus de 50 ans, est-il bien en marche ?**

**Communication, santé, cosmétique, cartographie, médecine, météorologie, industrie, météorologie, médias. C'est le monde de la société civile et des nouvelles technologies, toutes liées aux recherches sur les sciences du numérique. IV**

**41 • Les sciences du numérique**

# P.4

Du boulier à l'iPhone 3G, plus de 5000 ans d'histoire et de progrès.

## Solar Impulse des ailes aux énergies renouvelables

**Le projet est fou et génial : faire voler, de nuit comme de jour, un avion propulsé à l'énergie solaire, capable d'effectuer un tour du monde sans aucune combustion ni émissions polluantes. Au commandement, Bertrand Piccard et André Borschberg, les deux seuls à avoir tenté pour l'instant de faire voler un avion solaire. Leur objectif : ne pas passer à côté de performances encore inégalées et à l'heure combinateur expérimentations et simulations numériques complexes.**

**Pourquoi ? Parce que nous sommes à l'aube d'une révolution énergétique. Les énergies renouvelables sont de plus en plus compétitives et les technologies de stockage d'énergie se développent. Cela nous permet de penser à l'avenir et de préparer les technologies de demain.**

**41 • Les sciences du numérique**

# P.6

Le projet est fou et génial : faire voler, de nuit comme de jour, un avion propulsé à l'énergie solaire... Aux commandes, Bertrand Piccard et André Borschberg.

## Le pari de la recherche

**S'engager sur la voie des sciences numériques offre de nombreuses opportunités aux jeunes chercheurs. Vous hésitez encore ? Ces deux chercheurs ne manquent pas d'arguments pour vous convaincre... Attention, cela risque d'être passionnant !**

**Arnaud Maréchal** : Chercheur en informatique, il s'intéresse à la manière dont les données sont traitées et stockées. Ses recherches visent à optimiser les performances des systèmes informatiques.

**41 • Les sciences du numérique**

# P.10

Pourquoi faire le choix des sciences numériques ? Réponse avec deux chercheurs au parcours professionnel impressionnant !

## PHOSPHORE



**PHOSPHORE**  
 Livret réalisé par David Groison, chef de service « Actualité » et « Culture » de Phosphore ; Sandrine Pouverreau, chef de service « Éducation » de Phosphore et Frédéric Vladyslav (textes).  
 Maquette : Ivan Casidanou. Secrétariat de rédaction : Isabelle Gilloots.  
**INRIA**  
 Direction de la communication : Christine Genest (coordinatrice) ; Lisette Calderan ; Bernard Hidoune ; Joanna Jongwane ; Sophie Roche. Chargées de communication : Marie Collin ; Laure Guion ; Julie Paul. Chercheurs : Pierre Alliez ; Laetitia Jourdan ; Raphaël Marvie, USTL.  
**BAYARD JEUNESSE**  
 Chef de projet : beatrice.destresse@bayard-presse.com  
 Imprimerie SIB (Boulogne-sur-Mer), novembre 2008.  
 Ne peut-être vendu.

COUVERTURE : © SOLAR IMPULSE/STÉPHANE GROS ; © SOLAR IMPULSE/EPFL CLAUDIO LEONARDI ; © JEAN-CLAUDE MOSCHETTI/REA.

## Études scientifiques comment ça marche ?

**MATHÉMATIQUES**

**Les mathématiques** : Elles sont au cœur de la recherche scientifique. Elles permettent de modéliser des phénomènes complexes et de trouver des solutions à des problèmes difficiles.

**Les sciences du numérique** : Elles permettent de traiter de grandes quantités de données et de réaliser des simulations complexes.

**41 • Les sciences du numérique**

# P.26

Filière par filière, Phosphore fait le point sur les études de sciences. Celles qui promettent, et celles qu'il faut éviter.



DOSSIER

# Dans les labos

# P.12



L'INSTITUT NATIONAL DE RECHERCHE EN INFORMATIQUE ET EN AUTOMATIQUE (INRIA) NOUS A OUVERT SES PORTES. NOUS SOMMES ALLÉS RENCONTRER DES CHercheURS QUI INVENTENT DES INTERFACES POUR QUE L'HOMME ET LA MACHINE APPRENNENT À MIEUX COMMUNIQUER, DES SCIENTIFIQUES QUI CRÉENT DES MONDES VIRTUELS, DES SPÉCIALISTES QUI ÉTUDIENT LA SÉCURITÉ DES RÉSEAUX INFORMATIQUES...

DOSSIER RÉALISÉ PAR FRÉDÉRIC VILAYEY



*L'Institut national de recherche en informatique et en automatique (INRIA) nous a ouvert ses portes. Nous sommes allés rencontrer des chercheurs qui inventent des interfaces pour que l'homme et la machine apprennent à mieux communiquer, des scientifiques qui créent des mondes virtuels, des spécialistes qui étudient la sécurité des réseaux informatiques...*



Logiciels de l'équipe ASCURON, utilisés en ingénierie spatiale.



Logiciel de l'équipe de l'INRIA pour la reconstruction de scènes 3D à partir d'images (MVC).



Clévisser : l'interface et les logiciels de l'équipe INRIA, à l'INRIA, pour la reconstruction de scènes 3D à partir d'images (MVC).

12 | Les sciences du numérique

INRIA • PHOSPHORE

INRIA • PHOSPHORE

## Plongée dans la réalité virtuelle

Avec des lunettes spéciales sur le nez, on voit des objets virtuels en 3D. En passant une baguette au bout de son doigt, on peut même les toucher : outils de travail, console et accessoires de voiture... La réalité virtuelle progresse à grands pas.



Depuis que l'on a vu des images en 3D, on a voulu aller plus loin. On a voulu que ces images soient interactives. C'est ce que permet la réalité virtuelle. Elle permet de créer un monde virtuel dans lequel on peut se déplacer et interagir avec les objets. C'est une technologie qui a beaucoup évolué ces dernières années. Elle est maintenant accessible à un plus grand nombre de personnes. Elle est utilisée dans de nombreux domaines : éducation, formation, santé, sport, etc. Elle permet de vivre des expériences uniques et de découvrir de nouvelles possibilités. Elle est une véritable révolution technologique.

La réalité virtuelle est une technologie qui permet de créer un monde virtuel dans lequel on peut se déplacer et interagir avec les objets. C'est une technologie qui a beaucoup évolué ces dernières années. Elle est maintenant accessible à un plus grand nombre de personnes. Elle est utilisée dans de nombreux domaines : éducation, formation, santé, sport, etc. Elle permet de vivre des expériences uniques et de découvrir de nouvelles possibilités. Elle est une véritable révolution technologique.

P.14

## Donner du sens aux images



Pour archiver, classer et trouver des images, on passe par des mots-clés. Face à leur aval, les scientifiques cherchent à se passer de mots et à faire parler les images.



Les images sont devenues une partie essentielle de notre vie. Elles nous permettent de communiquer, de partager des moments et de documenter des événements. Cependant, la quantité d'images produites chaque jour est énorme. Il est donc difficile de les organiser et de les retrouver. Les chercheurs travaillent sur des méthodes pour donner du sens aux images et les rendre plus accessibles. Ils utilisent des techniques d'intelligence artificielle pour analyser le contenu des images et les classer automatiquement. Cela permet de faciliter la recherche et de découvrir de nouvelles informations.

P.16

## Comment la vision est traitée par le cerveau

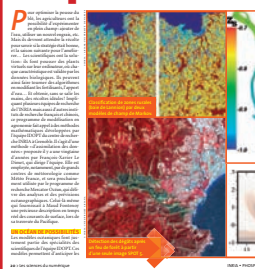
Que se passe-t-il entre les yeux et le cerveau ? Comprendre les mécanismes de la vision humaine permettrait de développer de nombreuses applications...



La vision est un processus complexe qui implique de nombreux mécanismes. Les yeux captent la lumière et la transmettent au cerveau. Le cerveau analyse ensuite les informations et les traduit en images que nous pouvons comprendre. Ce processus est très rapide et très précis. Les chercheurs étudient ces mécanismes pour mieux comprendre comment le cerveau fonctionne et pour développer de nouvelles technologies. Ils utilisent des techniques d'imagerie par résonance magnétique (IRM) et d'électroencéphalogramme (EEG) pour observer l'activité du cerveau pendant la vision. Cela permet de découvrir de nouvelles choses sur le fonctionnement de notre système visuel.

P.18

## Mieux prévoir les phénomènes naturels



Une même méthode mathématique pour simuler la pousse du blé, les courants marins et la structure du plasma ? Qui a dit que les maths ne servaient à rien ?

Les phénomènes naturels sont très complexes et difficiles à prévoir. Les scientifiques utilisent des modèles mathématiques pour simuler ces phénomènes et essayer de les comprendre. Ils utilisent des équations différentielles et des méthodes numériques pour résoudre ces équations. Cela permet de faire des prévisions sur la façon dont les phénomènes évolueront dans le temps. Les modèles mathématiques sont très utiles pour comprendre les phénomènes naturels et pour les prévoir. Ils sont utilisés dans de nombreux domaines : météorologie, océanographie, astrophysique, etc. Ils permettent de découvrir de nouvelles choses sur le monde qui nous entoure.

P.20

## Des codes très secrets



La cryptologie est une science qui étudie les méthodes de chiffrement et de déchiffrement des messages. Elle est utilisée pour protéger les informations et assurer leur confidentialité. Les codes secrets sont utilisés dans de nombreux domaines : sécurité nationale, banque, commerce électronique, etc. Ils permettent de garantir que les informations ne sont pas interceptées ou modifiées par des personnes non autorisées. La cryptologie est une discipline très ancienne, mais elle a connu de grandes avancées ces dernières années. Les chercheurs développent de nouvelles méthodes de chiffrement plus sûres et plus efficaces. Cela permet de mieux protéger nos données et nos communications.

P.22

## Des réseaux à la carte



Prévoir une éruption volcanique avec des capteurs posés sur le flanc du volcan, savoir quels produits sont en stock à l'aide de leurs étiquettes radio, communiquer sans passer par une antenne relais... Tout cela grâce à des réseaux autonomes et officieux ? Possible, disent les scientifiques.

Les réseaux autonomes et officieux sont des réseaux qui fonctionnent sans passer par une antenne relais. Ils sont utilisés dans de nombreux domaines : santé, agriculture, industrie, etc. Ils permettent de collecter des données et de les transmettre sans avoir besoin d'infrastructure traditionnelle. Cela est très utile pour les zones reculées ou pour les situations d'urgence. Les scientifiques travaillent sur des méthodes pour améliorer ces réseaux et les rendre plus fiables et plus efficaces. Ils utilisent des techniques de communication sans fil et de traitement des données. Cela permet de découvrir de nouvelles possibilités et d'élargir les applications de ces réseaux.

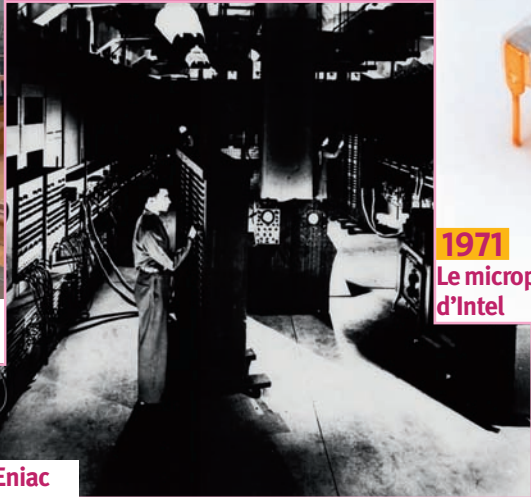
P.24

# Le numérique, une ré

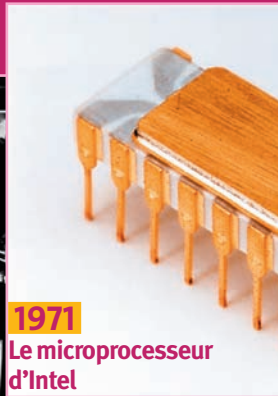
*Apparu dans les années 1980, l'ordinateur grand public équipe aujourd'hui plus d'un foyer sur deux en France ! Chaque année dans l'Hexagone, il s'en vend quelque 10 millions, dont plus de la moitié sont des portables. L'informatique est de plus en plus accessible et mobile ! Et l'arrivée des mini-PC renforce une tendance déjà bien engagée avec les baladeurs sur lesquels on peut regarder un film, la téléphonie 3G qui permet de recevoir la télé sur son téléphone, l'explosion des GPS...  
Quels bouleversements : la révolution du numérique, débutée il y a à peine plus de 50 ans, est bien en marche !  
Communications, accès aux connaissances, cartographie, médecine, météorologie, industrie, entreprises, loisirs...  
L'ensemble de la société évolue avec les nouvelles technologies, toutes issues des recherches sur les sciences du numérique. FV*



**1801** La machine à cartes perforées de Jacquard



**1946** Eniac



**1971** Le microprocesseur d'Intel

**3500 AV. J.-C.** **Le boulier, première machine à calculer.** « Calcul » vient du latin *calculus* qui signifie caillou. Avant les premières inventions, les hommes utilisaient des osselets ou des cailloux pour compter. La première « machine » est le boulier dont chaque boule représente une unité, une dizaine ou une centaine. Il permet d'effectuer des additions, des soustractions, des multiplications et des divisions.

**1801** **La machine à cartes perforées de Jacquard.** Joseph Marie Jacquard construit un métier à tisser automatique commandé par un système de cartes perforées changées en fonction des motifs désirés. C'est le tout premier système de traitement automatique de l'information utilisant des cartes perforées qui sera à la base de nombreuses inventions. Sa machine suscite la méfiance des ouvriers qui se révoltent en l'accusant de prendre leur travail.

**1840** **Ada Lovelace définit le principe des algorithmes,** itérations successives dans l'exécution d'une opération.

**1854** **George Boole définit la logique binaire.** La logique booléenne démontre que tout processus logique peut être décomposé en une suite d'opérations logiques (et, ou, non) appliquées sur deux états (zéro-un, oui-non, vrai-faux, ouvert-fermé).

**1874** **Brevet pour le téléphone d'Alexander Graham Bell.** Un saut immense est franchi dans l'histoire des télécommunications avec l'invention du téléphone, attribuée à

Alexander Graham Bell. Auparavant les signaux ou les pigeons voyageurs avaient été supplantés par le télégraphe, mais la voix n'était pas transportée à distance.

**1937** **La machine de Turing, d'Alan M. Turing.** Sorte d'ordinateur logique très simple, cette machine résout des problèmes mathématiques. C'est un modèle abstrait du fonctionnement d'un ordinateur et de sa mémoire. Cette machine idéale n'a jamais été construite.

**1946** **Eniac (Electronic Numerator Integrator Analyser and Computer).** L'Eniac est le premier ordinateur. Il pèse près de 30 t, mesure 24 m de long pour 5,5 m de haut et occupe une surface au sol de 160 m<sup>2</sup> ! Utilisé par l'armée, il permettait de calculer la trajectoire d'un projectile en 20 secondes (un homme la calculait auparavant en trois jours).

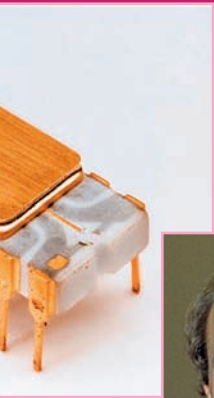
**1971** **Premier e-mail envoyé via le réseau expérimental Arpanet,** de l'armée américaine, créé en 1969.

**1971** **Le microprocesseur d'Intel.** Intel construit son premier microprocesseur (processeur tenant sur un circuit intégré), le 4004, avec une fréquence de base de 108 kHz. Aujourd'hui, les derniers microprocesseurs grand public dépassent les 3 GHz (3 millions de kHz).

**1976** **Steve Wozniak et Steve Jobs fabriquent l'Apple 1.** Doté d'un processeur de 1 MHz, l'ancêtre du « Mac » voit le jour



# volution en marche



© DR



© INRIA/A. EIDELMAN

**1989** Le Web, créé par Tim Berners-Lee



© DR

**1981** Le PC d'IBM



© L. EWING/S. BUDIG/A. GERWINSKI

**1991** Linux



© DR

**2008** L'iPhone 3G

dans un garage, fabriqué par deux informaticiens âgés de 21 et 26 ans. Le boîtier est en bois et l'Apple I se branche sur un écran de télévision.

**1979 Philips et Sony sortent le CD audio.** C'est la fin annoncée de la cassette audio. Le nouveau support d'enregistrement offre une qualité audio inédite.

**1980 Démarrage d'Internet.** Vinton Cerf propose un plan d'interconnexion entre les réseaux universitaires déjà existants (CSNET et Arpanet), en utilisant le protocole TCP/IP. Ce protocole (règles définissant un langage afin de faire communiquer plusieurs ordinateurs) est toujours utilisé aujourd'hui.

**1981 Le PC (Personal Computer) d'IBM.** Le premier micro-ordinateur grand public est commercialisé avec le système d'exploitation MS-DOS de Microsoft. Baptisé IBM PC, il marque le passage du terme PC dans le vocabulaire commun. Une version « haut de gamme » seize couleurs est disponible.

**1984 Apple lance le Macintosh, ordinateur avec une interface graphique.** Le Macintosh embarque un processeur cadencé à 8 MHz, 128 Ko de Ram, 64 Ko de Rom. Il est équipé d'une souris et d'un écran noir et blanc intégré de neuf pouces d'une résolution de 512 x 384 pixels.

**1989 Le Web, créé par Tim Berners-Lee au Cern.** Tim Berners-Lee propose un système hypertexte destiné à améliorer la

diffusion des informations internes au Cern (Centre européen pour la recherche nucléaire). Le World Wide Web est né.

**1991 Linux, mis au point par Linus Torvalds.** Linux est un système d'exploitation développé avec l'aide de nombreux bénévoles. Aujourd'hui, le noyau est disponible sur PC et sur Mac, ainsi que sur les stations de travail Sun, Silicon Graphics et autres, accompagné de logiciels libres de droits de copie. La majorité des serveurs Web fonctionnent sous Linux.

**1993 Mosaic.** Mosaic est le premier navigateur web à avoir une large diffusion sur tous les systèmes informatiques. Suivra Netscape, sa version commerciale.

**1997 Le format DVD.** Après la cassette audio, c'est au tour de la cassette vidéo de progressivement disparaître avec l'arrivée du format DVD.

**1998 Le MPman, premier lecteur MP3.** Quasiment devenu synonyme de piratage, le format de fichier MP3 permet d'enregistrer du son, donc de la musique, en utilisant peu de mémoire. Les fichiers peuvent facilement être échangés sur Internet. Le premier lecteur MP3 commercialisé par MPman avait une capacité de 32 Mo (soit environ huit chansons).

**1998 L'appareil photo numérique.** La révolution numérique s'empare également de la photographie. Les ventes connaissent une véritable explosion, avec un total de

131 millions d'appareils photo numériques vendus en 2007 (source IDC).

**2001 Le téléphone mobile - appareil photo numérique.** On assiste à une convergence entre les appareils. Les premiers téléphones portables capables de prendre des photos apparaissent en 2001. Aujourd'hui, les téléphones mobiles lisent les MP3 et permettent de surfer sur Internet.

**2002 Les écrans plats grand public.** Petite révolution sur les bureaux : l'écran se fait plus discret et moins encombrant grâce à l'arrivée des écrans à cristaux liquides. L'ordinateur gagne progressivement les autres pièces du logement.

**2005 Lancement de la TNT en France.** La télévision, en passant au numérique, offre une amélioration du son et de l'image. Elle permet aussi de multiplier le nombre de chaînes.

**2006 Wii : le succès des consoles de jeu vidéo n'est plus à démontrer.** Avec la Wii de Nintendo, la console franchit un cap en devenant plus interactive... et toute la famille s'y met.

**2008 L'iPhone 3G.** Apple lance une nouvelle version (la première est sortie en 2007) de son téléphone mobile avec écran tactile et interface multidigitale. Lecteur MP3 et vidéo, il supporte la téléphonie troisième génération qui facilite le surf sur Internet et embarque aussi un GPS. La concurrence s'organise...

# Solar Impulse aux énergies reno

*Le projet est fou et génial : faire voler, de nuit comme de jour, un avion propulsé exclusivement à l'énergie solaire, jusqu'à effectuer un tour du monde sans aucun carburant ni émissions polluantes. Aux commandes, Bertrand Piccard et André Borschberg, la tête dans les étoiles mais les pieds bien sur terre, nous ont reçus pour évoquer leur démarche. Leur succès ne sera possible qu'avec des performances encore inégalées à ce jour, combinant expérimentations et simulations numériques complexes.*

PROPOS RECUEILLIS  
PAR FRÉDÉRIC VLADYSLAV



© SOLAR IMPULSE/EPFL CLAUDIO LEONARDI

**Phosphore: Quel message voulez-vous transmettre avec ce projet de tour du monde en avion solaire?**

**Bertrand Piccard:** Le message de Solar Impulse est simple: ou bien notre monde continue à consommer un million de tonnes de pétrole par heure – sans compter les autres énergies fossiles – à changer le climat, à laisser de côté la moitié de l'humanité, et nous courons à la catastrophe, ou nous prenons conscience qu'il faut économiser l'énergie, nous développons des technologies qui rendent plus efficace notre consommation, nous trouvons de nouvelles sources d'énergie, nous raisonnons en terme de développement durable et alors, l'avenir devient intéressant. Or, la plus

grande entrave à un avenir meilleur n'est pas le manque d'idées nouvelles, mais la peur du changement. Ainsi Solar Impulse est une manière de montrer que l'exploration, l'esprit de pionnier, d'entrepreneur, de pair avec une vision durable, est enthousiasmante, rentable et valorisante.

**Quel lien faites-vous entre Solar Impulse et le numérique?**

**André Borschberg:** Il faut trouver des moyens de transport, des énergies, qui permettent de réduire notre impact sur l'environnement, tout en maintenant l'extraordinaire mobilité à laquelle on peut accéder aujourd'hui. Le numérique intervient ici de manière déterminante. Afin de limiter

**Le premier prototype Solar Impulse, le HB-SIA, d'une envergure de 61 m, vole, de jour comme de nuit, sans aucun carburant grâce à l'énergie solaire.**



# des ailes dévouables



notre impact, il faut notamment diminuer la consommation énergétique et, pour cela, créer des systèmes plus performants. Nous devons mettre au point, par exemple, des voitures beaucoup plus légères. C'est là qu'interviennent la simulation, les possibilités de calcul ou encore la conception assistée par ordinateur.

**BP:** L'être humain doit être capable de trouver par lui-même de nouvelles solutions hors de son champ de connaissances, c'est ça la créativité. Et c'est une chose que l'ordinateur ne remplacera jamais. Le numérique est un outil formidable, mais il n'est pas là pour remplacer le raisonnement. Au final, la décision reste humaine.

**AB:** C'est une réflexion très juste : d'un côté le numérique possède des avantages exceptionnels en matière d'optimisation, notamment, de l'autre il risque d'enfermer son utilisateur dans un schéma existant. Par ailleurs, notre but est de communiquer sur ce que nous faisons. Nous voulons toucher un maximum de gens, sans qu'ils soient toutefois obligés de se déplacer, ce que permettent Internet et le multimédia.

## Comment procédez-vous pour la conception de cet avion novateur ?

**AB:** Notre équipe se base sur son expérience, projette une extension de ce qui existe et cherche des solutions nouvelles. En même temps, nous avons besoin de trouver des réponses réalistes. Nous avons ainsi mené une réflexion autour de la question énergétique ; nous nous sommes particulièrement interrogés sur la capacité énergétique du soleil, puisque cette énergie doit permettre à l'avion d'effectuer un vol continu avec une alternance jour/nuit. Il y a l'énergie solaire disponible, la quantité que l'on peut collecter et la quantité que l'on peut utiliser. On arrive ainsi à un bilan qui nous permet de définir des objectifs, comme la performance aérodynamique de l'avion ou sa masse. On doit ensuite trouver des solutions par rapport à ces objectifs, et c'est là que les outils numériques de simulation et de calcul permettent d'optimiser la structure. Finalement, on arrive à des gains de poids considérables par rapport aux solutions existantes.

## Quelle place les outils numériques occupent-ils dans ce projet ?

**AB:** Nous avons rapidement décidé de faire, dans un premier temps, un tour du monde par étapes, d'un continent à l'autre avec un avion prototype

## DEUX PILOTES AUX COMMANDES



© SOLAR IMPULSE/ G. GROS

**BERTRAND PICCARD** est l'initiateur du projet et son président. Médecin psychiatre, spécialisé en hypnothérapie, c'est un pionnier du vol libre et de l'ULM en Europe. Passionné par l'étude du comportement humain en situations extrêmes, il se lance dans le vol en montgolfière et sera vainqueur de la première course transatlantique en ballon. En 1999, avec Brian Jones, il réalise le premier tour du monde en ballon sans escale, vol le plus long en distance et en durée de toute l'histoire de l'aviation. Bertrand Piccard, qui porte le titre d'ambassadeur itinérant des Nations unies, a de qui tenir : son grand-père, Auguste Piccard, a ouvert la voie à l'aviation moderne et à la conquête spatiale en inventant le principe de la cabine pressurisée et du ballon stratosphérique. C'est lui qui inspira à Hergé le personnage du professeur Tournesol ! En 1931, il effectue la première ascension dans la stratosphère à 15 780 m d'altitude. Appliquant le principe de son ballon stratosphérique à l'exploration des abysses, il construit ensuite le bathyscaphe avec lequel il plonge, en compagnie de son fils Jacques, à 3 150 m de profondeur en 1953. Jacques Piccard, père de Bertrand, établit plus tard un record en atteignant - 10 916 m dans la fosse des Mariannes, le point le plus profond des océans. Il sera l'auteur de développements importants dans le monde de l'exploration des fonds marins.



© SOLAR IMPULSE/ G. GROS

**ANDRÉ BORSCHBERG** est le directeur général du projet Solar Impulse. Ingénieur de l'École polytechnique fédérale de Lausanne en mécanique, licencié du MIT en science du management, André Borschberg possède une large expérience d'administrateur et de créateur d'entreprises. C'est aussi un passionné d'aviation, pilote de chasse formé à l'école des Forces aériennes suisses, titulaire de licences de pilote professionnel d'avion et d'hélicoptère. Pour Solar Impulse, il a mis sur pied et motivé une équipe de 55 personnes composée des meilleurs spécialistes venant d'horizons et d'origines très divers, épaulés par plus d'une centaine d'experts et de conseillers. Les recherches portent en effet sur de nombreux secteurs touchant la conception, l'aérodynamique, les rendements énergétiques, la structure, les matériaux composites et les procédés de fabrication. Le budget est de 70 millions d'euros sur cinq ans.

« brut », sans l'encombrement d'une cabine pressurisée et avec un tableau de bord réduit à l'essentiel. C'est une première approche d'optimisation entre la consommation d'énergie, le poids, la performance et la contrôlabilité. L'objectif est tout d'abord de valider les résultats des simulations numériques, les choix technologiques et les techniques de construction, de tester le domaine de vol et de démontrer l'efficacité énergétique de l'ensemble. Voler d'un continent à l'autre implique tout de même des vols de quatre à cinq jours et cinq nuits, ce qui impose des prévisions météorologiques et des planifications de vol suffisamment précises pour maintenir l'avion dans un environnement optimal. Pour ce faire, nous avons dû créer avec notre partenaire Altran des outils informatiques permettant de simuler la performance de l'avion, l'énergie qu'il reçoit, qu'il collecte, qu'il consomme, en fonction des données météorologiques environnantes : température, pression, vents, humidité, etc. Aujourd'hui, nous sommes capables de calculer précisément quel serait le comportement de l'avion à un instant T, à un endroit donné.

### D'où proviennent les données météorologiques que vous évoquez ? Sont-elles précises ?

**AB :** Elles sont issues de modèles de prévisions réalisées tout autour de la planète. Bien sûr, les prévisions à long terme restent peu précises, mais à très court terme, les modèles sont extrêmement fiables, surtout entre les mains de notre météorologue, Luc Trullemans. Au fur et à mesure, on vérifie par image satellite la situation réelle, pour voir si la prévision est conforme aux conditions rencontrées. L'objectif est que l'avion se trouve dans une situation optimale, avec un ensoleillement suffisant pour les cellules solaires, et pas trop de turbulences. L'avion, de grande envergure, est en effet ultrasensible.

### Auriez-vous un exemple d'outil développé spécifiquement pour Solar Impulse ?

**BP :** Nous avons, par exemple, mis au point une nouvelle interface homme-machine. Solar Impulse est un avion très particulier : il a 61 m d'envergure, il est très léger et vole très lentement ; aucun avion de ce type n'a jamais volé. On navigue en ciel inconnu ! Ce que l'on sait, c'est



© SOLAR IMPULSE / STÉPHANE GROS

qu'il est sensible à un excès d'inclinaison (lorsque l'avion fait un virage, il s'incline sur l'aile). On doit donc maintenir des inclinaisons de 10° maximum, c'est-à-dire nettement inférieures à celles que supporte un avion classique. L'EPFL (École polytechnique fédérale de Lausanne) a développé une interface qui avertit le pilote dès que l'avion sort de son domaine de vol, grâce à un système de vibreur.

### Comment ce système de vibreur fonctionne-t-il ?

**BP :** De manière très simple. Quand le pilote ressent une vibration dans le bras droit, il doit appliquer une correction côté gauche, et inversement. Ainsi, lorsque le pilote se trouve en phase de repos, ou même de sommeil, il est à même de réagir et d'appliquer immédiatement la correction. Nous avons testé cela en simulateur, en vol virtuel, durant des phases d'endormissement et dans des situations de danger. Nous avons observé les réactions du pilote et constaté que ce système était d'une grande efficacité. Ce sont, typiquement, des technologies qui pourront également être appliquées à d'autres situations. Cette interface homme-machine pourrait, par exemple, être utilisée dans l'automobile.

À taille égale, la structure de ce prototype sera huit fois plus légère que celle du meilleur planeur.

## Des caractéristiques qui donnent le vertige

- ▶ L'envergure d'un Airbus A340 pour le poids d'une voiture moyenne : 61 m pour 1500 kg, telles sont les incroyables caractéristiques du premier prototype de Solar Impulse ! À taille égale, sa structure doit être huit fois plus légère que celle du meilleur planeur, autant dire que le défi est immense en termes de rigidité, de légèreté et de contrôle en vol. Pour cela, l'avion est construit autour d'une ossature en matériaux composites : fibres de carbone et nids-d'abeilles assemblés en sandwich.
- ▶ Le revêtement supérieur des ailes est constitué de 12 000 cellules photovoltaïques en silicium monocristallin épais de 180 microns, formant comme une peau sur 200 m<sup>2</sup>. Sélectionnées pour leur capacité à combiner légèreté et rendement, elles alimentent les lourdes batteries de 400 kg au total qui obligent à réduire au maximum le poids du reste de l'avion, à optimiser toute la chaîne énergétique et à maximiser le rendement aérodynamique.
- ▶ Chaque mètre carré de cellules photovoltaïques ne peut fournir que 28 W en continu sur 24 heures, soit l'équivalent d'une ampoule électrique. Sous les ailes sont disposées quatre nacelles contenant chacune un moteur et une batterie au lithium polymère constituée de 70 accumulateurs. Chaque moteur, d'une puissance de pointe de 10 CV, est limité à 200-400 tours/minute pour la rotation d'une hélice bipale de 3,5 m de diamètre.
- ▶ L'avion final sera encore plus grand avec une envergure de 80 m, celle de l'énorme Airbus A380, pour seulement 2 000 kg !



**Pour ce vol virtuel, vous avez été mis en situation pendant 25 heures. Comment l'avez-vous vécu, que cela vous a-t-il apporté ?**

**BP :** Curieusement nous l'avons vécu comme un vrai vol. Ce n'était pas seulement le fait d'être dans un simulateur avec un écran de 210° reproduisant le paysage, c'était aussi d'être confrontés à l'ergonomie du cockpit, en conditions réelles d'équipement : masque à oxygène, communication radio, casque et parachute. Toute l'équipe mission était autour, mais on ne les voyait pas, on communiquait avec eux par radio. Il y avait un sentiment de réalisme fascinant. À la fin des 25 heures, André et moi étions émus comme après une mission.

**AB :** Oui, et l'équipe autant que nous. C'était extraordinaire, très inattendu. Sur le plan technique, cela nous a permis de tester l'ergonomie, les différents systèmes qui viendront à bord de l'avion, comme cette interface homme-machine. C'était très positif. En tant que pilotes, cela nous a aussi permis de nous habituer aux comportements particuliers de cet avion aux caractéristiques uniques. On doit beaucoup à l'outil de simulation ; aujourd'hui, on est capable de recréer virtuellement le comportement de l'avion en étant proche du réel, ce qui est assez extraordinaire.

**Bertrand Piccard, en 1999 vous avez effectué le premier tour du monde en ballon. Quelles technologies ont évolué depuis ?**

**BP :** C'était, à l'époque, le tout début d'Internet et beaucoup de gens m'avaient écrit qu'ils avaient pris leur premier abonnement pour pouvoir suivre le vol. Les programmes météo étaient déjà assez bien développés, mais, surtout, nous disposions déjà du GPS, sans lequel nous n'aurions pas pu faire un tour du monde en ballon, car il n'aurait pas été possible de se positionner correctement pour suivre les vents. En 1999, un vol comme Solar Impulse n'était pas envisageable, ça ne pouvait être qu'un rêve. J'ai vécu 20 jours dans l'Orbiter 3 en me demandant s'il y aurait assez de carburant pour faire le tour du monde et on a atterri avec 40 kg de gaz sur 3,7 tonnes embarquées au décollage ! Je me suis promis que la prochaine fois, je ferai

le tour du monde sans carburant parce que ce n'était plus possible d'être dépendant à ce point d'une énergie limitée. Depuis cette époque, de nombreux changements sont intervenus dans les matériaux, dans les panneaux solaires, les batteries ou encore les outils de calcul, c'est probablement ce qui permettra la réalisation de Solar Impulse.

**AB :** Sans les outils sophistiqués mis à notre disposition par le numérique, Solar Impulse serait impossible à mettre sur pied. D'un côté, il faut le matériel, les batteries, etc., de l'autre, une optimisation de la structure ; c'est un travail d'horloger. Par rapport au ballon, notre parcours sera un peu différent, puisque chaque jour nous devons monter et descendre pour optimiser l'énergie solaire : la stocker en altitude et récupérer cette énergie en redescendant la nuit. Cela complexifie énormément les prévisions à effectuer sur plusieurs jours. Il faudra simuler constamment des scénarios par avance, voir ce qui se passe, et choisir, étape par étape, le meilleur chemin.

**Comment considérez-vous ce projet de tour du monde ?**

**BP :** Maintenant que nous savons que cela est possible en ballon, nous

## Un projet au long cours

- ▶ 2003 : étude de faisabilité à l'École polytechnique fédérale de Lausanne.
- ▶ 28 novembre 2003 : annonce officielle du défi.
- ▶ 2004-2006 : développement du concept.
- ▶ 2007-2008 : design et fabrication d'un prototype.
- ▶ 2009 : vols tests et premier vol de nuit avec le prototype.
- ▶ 2009-2010 : construction de l'avion final.
- ▶ À partir de 2010-2011 : missions de plusieurs jours, traversée de l'Atlantique et tentative de tour du monde en cinq étapes.

nous devons de le faire également en avion solaire. C'est le message qui prime. Le ballon montrait qu'un grand rêve, qui se mesurait à l'enthousiasme des gens, pouvait aboutir. Certains nous ont dit, mot pour mot, que « ça leur donnait confiance dans la vie ». Là, avec André, nous abordons un autre registre. Avec Solar Impulse, c'est la manière de penser, d'utiliser l'énergie et la technologie que nous voulons faire changer. C'est plus utile, ce n'est pas seulement un rêve, c'est un état d'esprit que nous avons envie de partager.



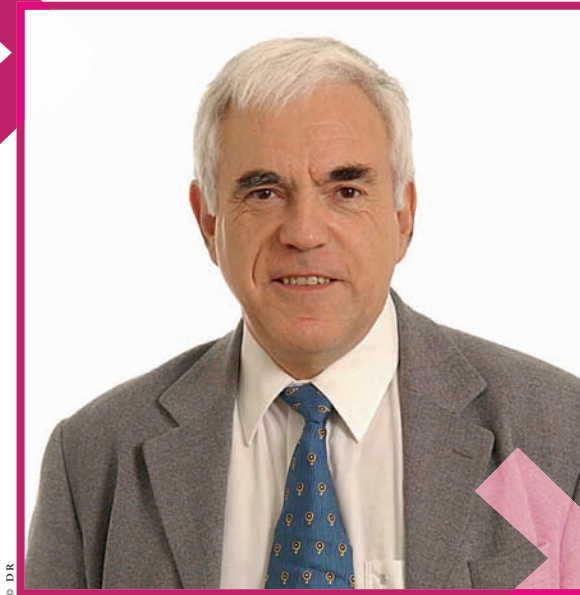
Un outil de simulation exceptionnel, développé pour le projet Solar Impulse, permet de recréer virtuellement des conditions de vol très proches de la réalité.

# Le pari de la re

**S'engager sur la voie des sciences numériques offre de nombreuses opportunités aux jeunes qualifiés. Vous hésitez encore ? Ces deux chercheurs ne manquent pas d'arguments pour vous convaincre... Attention, cela risque d'être passionnant !**

## Gérard Berry

Docteur en mathématiques, Gérard Berry est, notamment, membre de l'Académie des sciences. Il a dirigé une équipe de recherche commune INRIA-École nationale supérieure des mines de Paris. Actuellement directeur scientifique de la société Esterel Technologies, Gérard Berry est professeur au Collège de France, titulaire de la chaire d'innovation technologique dont les cours et séminaires sont accessibles sur Internet : [www.college-de-france.fr/default/EN/all/ger\\_ber/index.htm](http://www.college-de-france.fr/default/EN/all/ger_ber/index.htm)



réaliser des expériences impossibles dans le réel comme la modélisation du climat ou certaines expériences à des températures auxquelles ne résiste aucun instrument. Car le numérique apporte de nouveaux outils : le GPS, allié aux télécoms, révolutionne la cartographie, l'océanologie ou encore l'agriculture. Enfin la puissance de calcul du numérique permet d'étudier des phénomènes très complexes.

### Pouvez-vous citer une avancée récente liée au numérique ?

L'économie de carburant dans les transports est un bon exemple : la conception assistée par ordinateur (CAO) permet de créer des véhicules plus légers, plus compacts, plus aérodynamiques ; la modélisation et la simulation numérique interviennent dans la conception des moteurs ; le contrôle électronique permet d'optimiser la consommation.

### Les disciplines des sciences du numérique sont nombreuses, quelles sont les principales ?

Trois grandes familles peuvent être distinguées. La théorie de l'information

s'intéresse au codage et au transport des données ; c'est la science des réseaux qui trouve actuellement de nouveaux intérêts en biologie. Vient ensuite l'algorithmique, une extension des mathématiques, qui concerne la mise en calculs. Enfin, la théorie de la programmation s'attache, elle, à comprendre comment faire des choses qui fonctionnent, sans bug. Parmi les principaux domaines des sciences du numérique, on trouve la modélisation, la simulation, l'optimisation ainsi que le contrôle.

### Quels sont les domaines porteurs en terme d'emploi ?

En théorie de l'information, il y a le codage et le transport de l'information, avec les réseaux et les télécommunications. L'algorithmique possède de nombreux sous-domaines d'application dans les grandes simulations numériques, par exemple en aérodynamique ou en sciences des matériaux. Il faut citer également le traitement de l'image et du son : imagerie médicale, robotique, surveillance, arts, jeux, etc. Enfin, il est nécessaire de vérifier que les programmes informatiques fonctionnent correctement afin d'éviter les bugs, c'est un grand défi.

### Diriez-vous aux jeunes que le numérique offre aujourd'hui de nombreux débouchés ?

Oui, car on le retrouve dans tous les métiers de haute technicité et de haute valeur ajoutée, dans toute l'industrie où la R&D (recherche et développement) est d'ailleurs en plein essor. Or l'informatique correspond à 30 % de la R&D dans le monde, et à 18 % en Europe. Les opportunités sont donc très nombreuses, on manque de jeunes qualifiés et je conseille vivement à ceux qui sont attirés par le numérique d'emprunter cette voie, extrêmement riche, ouverte et prometteuse.

### Comment définissez-vous les sciences du numérique ?

Les mathématiques mettent le monde en équations et les résolvent ensuite par le calcul humain, dans les sciences du numérique on retrouve cette mise en équations, mais avec des moyens de calcul extraordinairement plus puissants grâce au traitement par ordinateur. Aujourd'hui, on numérise toutes les informations (images, sons, textes, etc.) pour les rendre homogènes. Sous forme de nombres, elles peuvent être facilement utilisées, comparées, échangées, stockées.

### Quelle est l'influence des sciences du numérique sur les autres sciences ?

Elle est énorme. Eugène Wigner, prix Nobel de physique, évoquait « l'efficacité insolente des mathématiques dans les autres sciences », aujourd'hui c'est encore plus vrai pour le numérique. Grâce au numérique, les sciences collaborent plus entre elles. On peut



# cherche

**Anne-Marie Kermarrec**, directrice de recherche à l'INRIA, évoque son parcours et sa spécialité: le « peer to peer ». Son projet n'est pas le successeur d'eMule, mais un moteur de recherche collaboratif sur Internet tout à fait innovant !



© INRIA/C. LEBEDINSKY

Bien malin celui qui parvient à deviner le CV qui se cache derrière le sourire d'Anne-Marie Kermarrec. C'est avec simplicité qu'elle nous guide sur le parcours qui l'a menée à la tête d'une équipe de recherche en informatique de l'INRIA. Un parcours dont les maîtres mots pourraient être « liberté » et « défi ». « La liberté, pour moi, c'est fondamental, lance-t-elle. Dans la recherche, on organise son temps, on est flexible, on se déplace, on est libre. C'est aussi un défi, car c'est un monde fascinant et très stimulant intellectuellement, il faut sans cesse être créatif et se dépasser. » Le ton est donné. Son doctorat en informatique portait sur les systèmes distribués: « un système distribué, c'est un ensemble d'ordinateurs œuvrant pour faire fonctionner une même application », explique-t-elle. Complexe ! Mais d'une difficulté bien stimulante quand on considère la logique des maths comme un jeu. Et si les systèmes distribués sont complexes, ils possèdent de nombreux avantages... On y reviendra.

## Des expériences très enrichissantes

Avant cela, suivons le fil d'Anne-Marie Kermarrec, aux Pays-Bas pour un post-doctorat, puis en France où elle revient enseigner, avant un grand départ pour Cambridge, au prestigieux laboratoire de recherche Microsoft, où elle passe quatre ans ! « Autant d'expériences très enrichissantes sur tous les plans, lâche-t-elle avec entrain. Professionnellement, bien sûr, mais aussi sur le plan personnel. La recherche n'empêche pas d'avoir une vie à côté ! Je n'ai jamais arrêté le sport par exemple, je jouais au volley en national 3 en France, et en national 2 à

Cambridge... Et puis, je suis partie en Grande-Bretagne avec un enfant, et revenue en France avec deux ! » Après quatre ans passés outre-manche, Anne-Marie Kermarrec souhaite revenir dans l'Hexagone: « Je suis Bretonne d'origine et j'aime ma région. Je pense qu'un jour je repartirai à l'étranger, mais je me donne encore un peu de temps... », glisse-t-elle. Après Microsoft, Anne-Marie Kermarrec intègre l'INRIA où elle dirige depuis une équipe de recherche autour de la thématique des réseaux « peer-to-peer », « pair à pair » en français. « Ce sont des systèmes distribués à très grande échelle et aux très nombreux avantages », reprend-elle. Nous y voilà !

## Les enjeux du « peer to peer »

« Dans les systèmes classiques, poursuit la chercheuse, les ordinateurs sont reliés à un « serveur ». Par exemple les ordinateurs vont sur le serveur d'un site Internet. Ce type de système est fragile, car le serveur peut être surchargé, et s'il tombe en panne, plus rien ne fonctionne. » On a tous connu ça un jour ou l'autre sur le Net, mais il y a d'autres aspects auxquels on pense moins: « le serveur centralise les données, ce qui pose des problèmes de protection de la vie privée et de sécurité », dénonce Anne-Marie Kermarrec.

Dans un système « pair à pair », c'est tout à fait différent: « Chaque machine est à la fois client et serveur. Quand le nombre de clients augmente, le nombre de serveurs aussi ! Si un serveur tombe en panne, aucun problème, il y en a d'autres ! C'est plus sécurisé, car chaque entité ne connaît qu'une infime partie du système, et aucune n'a accès à toutes les données. » On pense à Google, qui inquiète en collectant et gérant justement toutes les données de ses utilisateurs... Mais le « peer-to-peer », c'est bien ce qu'utilise eMule, le fameux système d'échange de fichiers ? « Oui, eMule est un exemple connu surtout à cause du piratage », concède Anne-Marie Kermarrec qui insiste surtout sur les très nombreuses applications tout à fait légales du « pair à pair ». Il faut aussi bien voir ce que la mise en commun de ces puissances de calcul et de stockage, et l'économie d'énergie, peuvent représenter, comparé à d'énormes serveurs... « Je suis convaincue que l'on peut pratiquement tout faire, détaille-t-elle: partage de fichiers, sauvegarde de données, diffusion de flux vidéo, messagerie instantanée, sans oublier la diffusion et la recherche d'informations. »

## Un moteur de recherche pertinent

La recherche d'informations, c'est justement son grand projet, pour lequel elle a obtenu une subvention du Conseil européen de la recherche. Sur 10 000 candidatures, Anne-Marie Kermarrec a fait partie des 3 % de lauréats ! « Pour l'instant ce n'est qu'un projet, tempère-t-elle, l'idée est de créer un système en pair à pair, un système dynamique, dans l'esprit d'un Internet collaboratif, à mi-chemin entre un moteur de recherche classique et les réseaux sociaux à la Facebook. En allant chercher les informations chez chaque utilisateur, il sera possible de fournir des réponses pertinentes personnalisées et actualisées », assure-t-elle. Et comment cette idée lui est-elle venue ? « En cherchant sur Internet une baby-sitter anglophone à Rennes, raconte-t-elle. On ne trouve aucun résultat probant ! Autant aller mettre une annonce à la fac... Avec notre projet, ça sera différent. » En attendant, patience, car le projet nécessite beaucoup de recherche et il est prévu sur cinq ans. Espérons que d'ici là des jeunes filles bien inspirées auront rejoint les sciences du numérique, car elles sont encore rares, mais précieuses. À bon entendre...

PROPOS RECUEILLIS PAR FV

# Dans les



© INRIA/PHOTO C. LEBEDINSKY



© INRIA/PHOTO C. LEBEDINSKY

Chercheuses de l'équipe ASCLEPIOS, spécialisée en imagerie médicale.

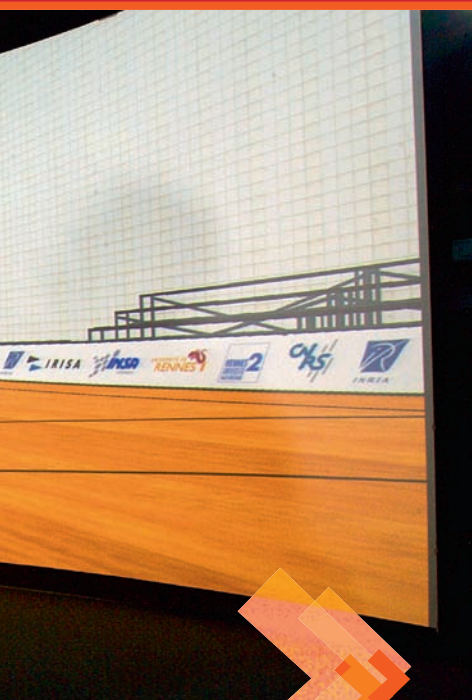


© INRIA/PHOTO C. LEBEDINSKY

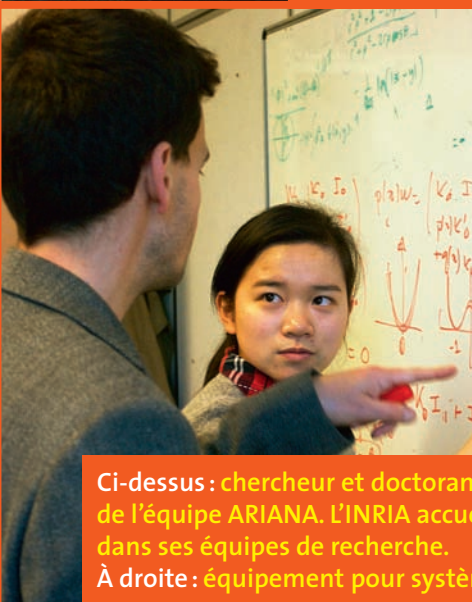
Acquisition d'images échographiques pour réaliser la reconstruction du conduit vocal, équipe MAGRIT.



# labos



Modélisation  
du geste  
sportif  
(handball).  
Équipe  
BUNRAKU.



Ci-dessus: chercheur et doctorante  
de l'équipe ARIANA. L'INRIA accueille 1 000 doctorants  
dans ses équipes de recherche.  
À droite: équipement pour système virtuel interactif.

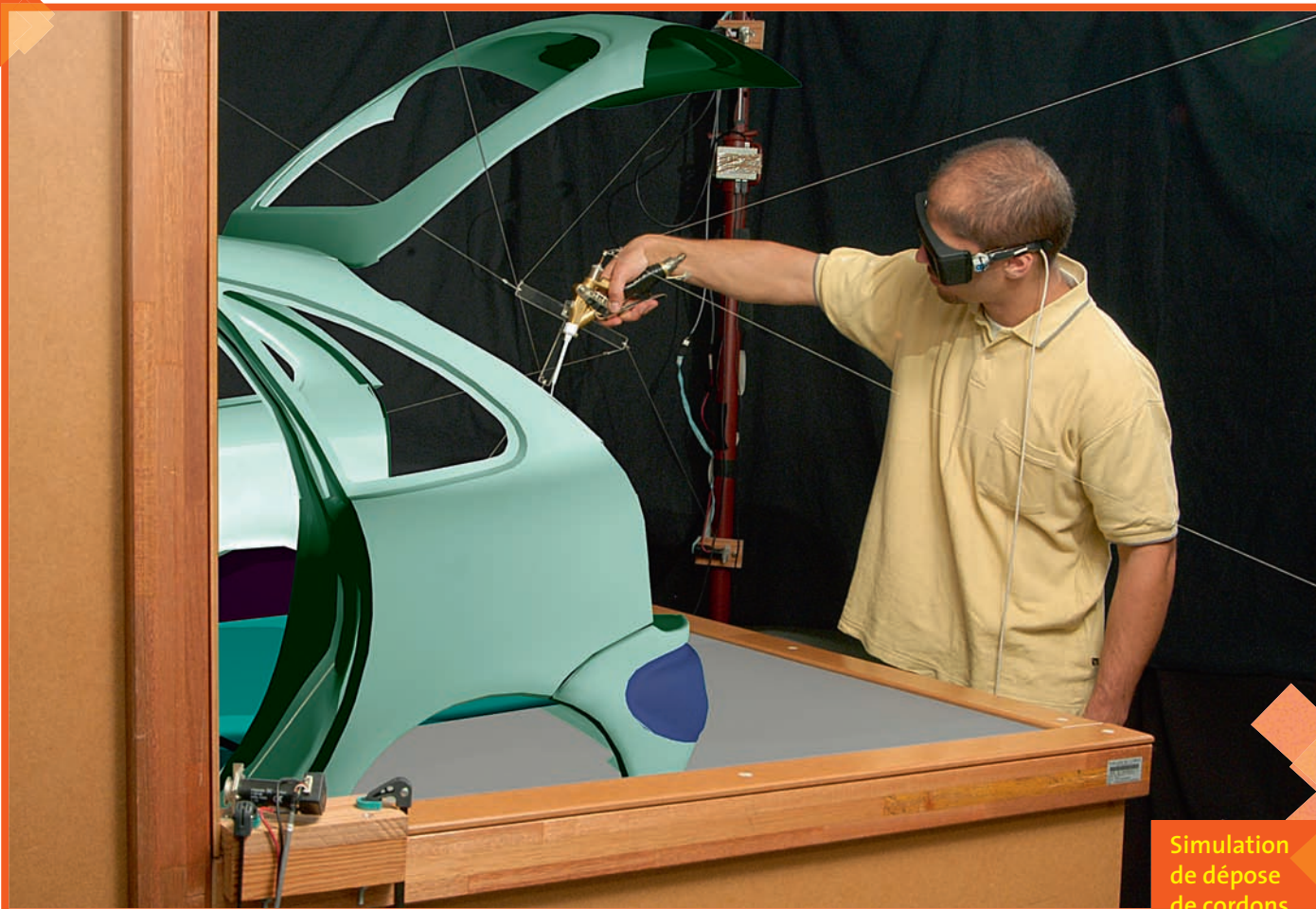
L'INSTITUT NATIONAL  
DE RECHERCHE  
EN INFORMATIQUE  
ET EN AUTOMATIQUE  
(INRIA) NOUS A  
OUVERT SES PORTES.  
NOUS SOMMES  
ALLÉS RENCONTRER  
DES CHERCHEURS  
QUI INVENTENT  
DES INTERFACES  
POUR QUE L'HOMME  
ET LA MACHINE  
APPRENNENT À MIEUX  
COMMUNIQUER,  
DES SCIENTIFIQUES  
QUI CRÉENT DES  
MONDES VIRTUELS,  
DES SPÉCIALISTES  
QUI ÉTUDIENT  
LA SÉCURITÉ  
DES RÉSEAUX  
INFORMATIQUES...

DOSSIER RÉALISÉ  
PAR FRÉDÉRIC VLADYSLAV



# Plongée dans l

*Avec des lunettes spéciales sur le nez, on voit des objets virtuels en 3D. En passant une bague au bout de son doigt, on peut même les toucher : outils de travail, carrosserie et accessoires de voiture... La réalité virtuelle progresse à grands pas.*



Simulation de dépose de cordons d'étanchéité sur une carrosserie avec pistolet à retour d'effort.

L'expérience est unique, impressionnante : muni de lunettes spéciales, on voit jaillir un habitacle de voiture, une forme virtuelle en trois dimensions. Mieux, on peut la manipuler au moyen d'un rayon tout aussi virtuel, la tourner dans tous les sens. Nous sommes près de Grenoble, dans le laboratoire de l'équipe de recherche i3D dirigée par Sabine Coquillart. « Maintenant, vous allez toucher les objets que vous avez vus grâce à un retour haptique », propose la chercheuse. « Haptique » vient du grec « toucher ». Effectivement, en passant le doigt dans une bague reliée à des fils, on arrive à suivre les

contours d'un volant virtuel en 3D, au relief saisissant, sans possibilité de le traverser. Bien sûr, il y a l'informatique. Mais pour concevoir ce *work-bench* (plan de travail) qui est un premier prototype de travail, les scientifiques ont dû faire preuve d'ingéniosité : étais de maçons, épingles de couturière, fils de pêche, petits moteurs issus de la robotique... Les chercheurs rivalisent d'astuces pour mettre en place leurs expériences.

## DES IMAGES PLEIN LES YEUX

Comment fonctionne cette surprenante réalité virtuelle ? D'abord il y a les écrans : on en compte deux, placés

à 90° l'un de l'autre, le premier à l'horizontale comme un plan de travail, le second au-dessus, vertical. L'image provient de deux gros projecteurs. La qualité est impressionnante : la résolution est celle d'un bon écran d'ordinateur, pour une taille bien supérieure : 1,80 x 1,10 m pour chaque écran. La vision en 3D est possible grâce à des lunettes stéréoscopiques. Pour voir en relief, notre cerveau utilise le décalage de position entre les deux yeux. La vision stéréoscopique utilise ce principe. Les lunettes sont synchronisées avec l'affichage des écrans. L'image correspondant au point de vue de l'œil droit est projetée en même



# a réalité virtuelle

temps que le verre de l'œil gauche est très brièvement obturé par polarisation. Puis c'est au tour de l'image de l'œil gauche d'être projetée tandis que le verre du droit est assombri. L'alternance entre les deux yeux et les deux images est si rapide qu'on ne la perçoit pas. La fréquence est en effet de 96 Hz (soit 48 images par seconde pour chaque œil, ce qui correspond à peu près à la fréquence d'une télévision classique). La vision en 3D est encore améliorée grâce à la présence sur les lunettes d'un capteur électromagnétique qui permet au système de déterminer la position de la tête de l'expérimentateur et d'adapter l'angle en fonction: on peut se pencher pour regarder l'objet virtuel de côté. Pas de bricolage ici!

On pense aux jeux vidéo, mais aujourd'hui, les principales applications se trouvent dans l'industrie. « Nous avons travaillé avec l'industrie aéronautique, et nous collaborons de manière très fructueuse avec l'industrie automobile », précise Sabine Coquillart. Michaël Ortega est l'un des doctorants de cette équipe d'une demi-douzaine de scientifiques. Il effectue une thèse cofinancée par un industriel: PSA-Peugeot Citroën. Dans un coin de la salle du *workbench* 3D trône une partie de la carrosserie de la dernière voiture du constructeur: la 1007. Le travail de Michaël consiste à réaliser une simulation en réalité virtuelle de la pose de joints sur cette partie de la carrosserie. « C'est une étape délicate dans la construction d'une voiture. La réalité virtuelle permet de tester les manipulations avant de mettre en place la chaîne de montage », raconte le jeune chercheur. On s'y croirait: la carrosserie en 3D apparaît face à nous, et avec un vrai pistolet pour la pose de joints, relié à des câbles, on applique une couche de mastic virtuel sur une carrosserie

virtuelle... mais avec toutes les sensations du réel! On glisse le long des tôles, on dérape sur les aspérités... Le résultat est tout à fait saisissant.

## LE VIRTUEL À PORTÉE DE MAIN

Dans une autre partie du laboratoire, on utilise un type de lunettes différent: un masque avec un petit écran en face de chaque œil, et à l'extérieur, deux minuscules caméras qui filment précisément ce que l'on voit. L'ordinateur mixe le réel et le virtuel: un objet virtuel, une voiture par exemple, est incrusté dans le décor. On peut passer sa propre main derrière la carrosserie et elle disparaît! Le programme utilise un système infrarouge et tient compte en temps réel de la position de la main et de la tête de l'expérimentateur. Là aussi on cherche à ajouter le toucher avec un système haptique. « Le problème est

l'intégration d'un tel système sans détériorer les performances du masque, en particulier la taille de l'espace de travail et la mobilité », souligne Sabine Coquillart. Nous cherchons aussi à intégrer l'utilisation d'objets réels, comme le pistolet pour la pose de joints. » Autre axe de recherche: la perception humaine. Les chercheurs collaborent avec des spécialistes de la cognition et des psychologues, afin de mieux comprendre le fonctionnement du toucher, par exemple, pour améliorer les systèmes virtuels. Les applications de cette réalité virtuelle ne semblent avoir de limites que celles de l'imagination. Pourquoi pas des musées où l'on aurait la possibilité de manipuler virtuellement des objets rares... Ces systèmes peuvent permettre des collaborations à distance, voire des simulations pour la médecine ou des environnements dangereux. Avec la baisse du prix des équipements et l'augmentation de la puissance de calcul des ordinateurs, il faut s'attendre à un développement de la réalité virtuelle. Acheté en 1998, le *workbench* 3D utilise un ordinateur coûteux prenant la place de deux gros frigos, en cours de remplacement par quatre PC un peu gonflés... Ça, c'est bien réel.

Pour en savoir plus:

<http://interstices.info/realite-virtuelle>



Sabine Coquillart dirige l'équipe de recherche i3D à l'INRIA.

© INRIA/PHOTO A. EIDELMAN

# Donner du sens



Nozha Boujemaa, responsable de l'équipe de recherche IMEDIA.

**Pour archiver, classer et trouver des images, on passe par des mots-clés. Face à leur ordi, les scientifiques cherchent à se passer de mots et à faire parler les images.**

**P**our rechercher des reportages sur un même sujet ou retrouver une séquence vidéo dans laquelle apparaît quelqu'un de particulier, TF1 utilise les technologies développées par l'équipe de recherche IMEDIA de l'INRIA à Rocquencourt, près de Versailles. La police les emploie également pour trier certaines images ou recouper des scènes de crime. « En fait, nous travaillons avec tous ceux qui exploitent des collections d'images, explique Nozha Boujemaa, la responsable de l'équipe. Avec le développement du numérique, la masse de contenus visuels a explosé, la quantité d'archives devient très importante et il faut des outils pour l'exploiter. Nous aidons à trouver la bonne image en se basant sur le

contenu et non pas en effectuant une recherche uniquement textuelle. » C'est l'exemple de l'interrogation d'un moteur de recherche pour trouver une image à partir du mot « avocat » : les résultats comprendront des photos de fruits et de juristes. « Les résultats non pertinents forment ce que l'on appelle le « bruit », et tous les documents pertinents qui ne sont pas indexés, donc pas affichés dans les résultats, correspondent au silence. Nous cherchons à réduire à la fois le bruit et le silence. »

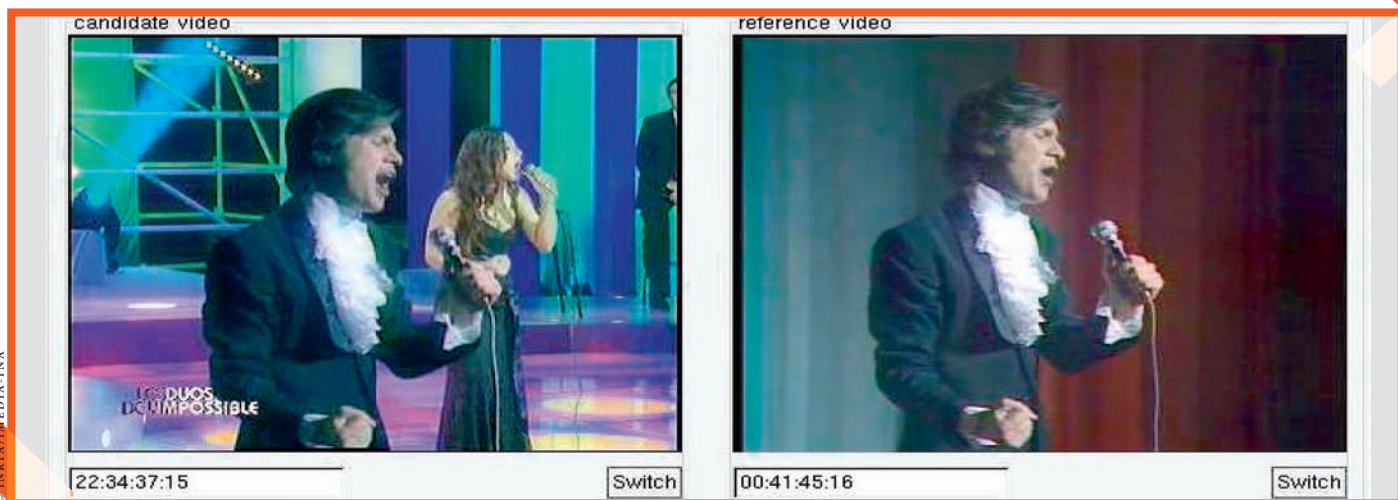
#### AVIS DE RECHERCHE

Rechercher une image à partir de son nom ou d'annotations ne suffisant pas, les chercheurs de l'équipe IMEDIA s'intéressent à l'image elle-même. Ainsi le logiciel utilisé par

TF1 permet aux journalistes de retrouver des séquences comportant une personne en particulier, même sans annotation et sans qu'elle soit signalée. Le programme compare les archives avec une photo de référence et reconnaît la bonne personne. Dans le cas de la police, les technologies ont déjà été utilisées pour traiter de grandes quantités de photos pédophiles afin d'effectuer des recoupements entre les lieux photographiés : reconnaître un détail du mobilier, par exemple. Car les outils développés concernent tous types d'images, pas seulement les visages. Les généticiens peuvent notamment s'en servir pour comparer des images de plantes et les regrouper en catégorie selon leur morphologie : grandes



# aux images



**Ci-contre : recherche d'images par similarité avec le logiciel Ikona. Ci-dessus : détection de copie vidéo. À gauche : image post-produite (« Les Duos de l'impossible », mai 2005). À droite : image originale (Mike Brant, « Laisse-moi t'aimer », 1970). Collaboration de recherche IMEDIA-INA.**

feuilles, taches, feuilles claires, etc. Autre exemple : sur une base de données photographiques de la flore du Laos, le logiciel est capable de reconnaître de quelle plante il s'agit uniquement à partir de sa photo ! Les applications semblent infinies. Tout l'art consiste en fait à analyser les images pour en extraire des « signatures ». « Une signature correspond à une caractéristique de l'image, explique Nozha Boujemaa. Nous avons fait le choix de travailler sur un nombre limité de signatures : cinq ou six au maximum, ce qui permet de traiter rapidement de très grandes quantités de photos. Les principales signatures sont la couleur, la forme et la texture. » Pour comprendre comment fonctionne le logiciel, il faut avoir à l'esprit que l'image numérique correspond à un tableau de nombres. Chaque case du tableau comprend des nombres qui codent la couleur de chaque pixel. L'ordinateur calcule la fréquence d'apparition de chaque

couleur, il différencie les contours en fonction des variations afin de déterminer des formes, et il retrouve des textures en s'attachant à la granularité. Au final, il forme des catégories d'images et propose celles qui ressemblent à l'image de référence. Ainsi Ikona, un prototype de logiciel développé par l'équipe IMEDIA, en démonstration sur leur site web\*, permet de rechercher dans une base d'images toutes celles qui s'apparentent visuellement à une image en particulier. En sélectionnant une photo de citrons sur un citronnier, une recherche avec ce logiciel propose comme résultats des images de fruits jaunes ou orangés sur un feuillage vert et des photographies de fleurs jaunes dans des prairies vertes.

## DÉTECTION AUTOMATIQUE DE COPIES DE VIDÉOS

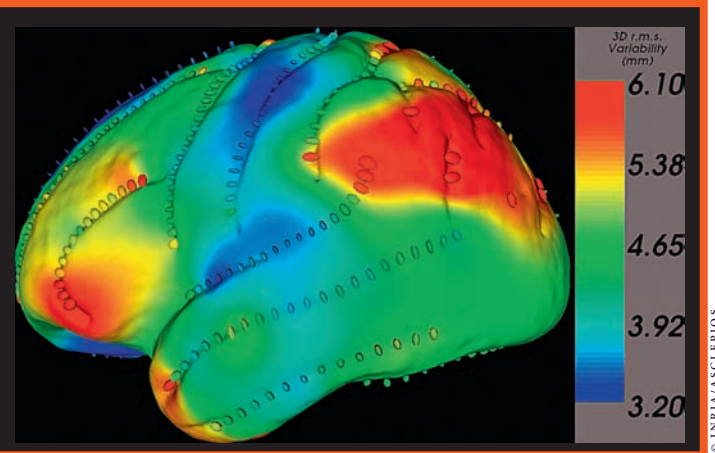
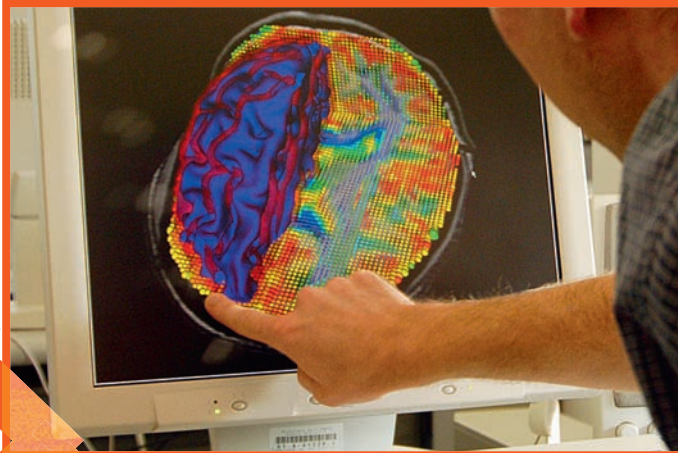
L'équipe a mis au point des méthodes de détection automatique des copies de documents visuels, qu'il s'agisse d'images fixes ou même de vidéos, qui se déploient en local ou sur Internet. L'identification du contenu visuel original doit être robuste à des transformations de postproduction, de compression sévère ou encore à toutes les dégradations dues à la génération de copies illégales. Les approches développées ont été validées dans le cadre d'une collaboration de recherche avec l'INA (Institut national de l'audiovisuel). Ces méthodes

permettent ainsi de lutter contre la copie illicite d'œuvres. « Nous travaillons également sur le contrôle de pertinence, poursuit Nozha Boujemaa. L'idée est d'interagir avec l'utilisateur en lui demandant de choisir, parmi les images qui lui sont proposées, celles qui correspondent le mieux à sa cible. Le programme effectue alors une nouvelle recherche plus personnalisée. » Une autre idée est d'exploiter aussi les informations textuelles présentes. Il faut pour cela développer des solutions permettant de combiner les deux systèmes. Avec ou sans texte, en demandant plus ou moins à l'utilisateur de participer, la recherche et l'indexation d'images intéressent tout le monde. « On peut imaginer de l'aide à la décision pour interpréter une radiographie médicale : le médecin se verrait proposer des cas similaires. Plus proche de nous, il y a aussi tous les appareils qui stockent des images : aujourd'hui il existe des magnétoscopes numériques, et les téléphones permettent de prendre des photos et de réaliser de petits films, autant d'images numériques que l'on veut exploiter au mieux. » Pensez aux nombreuses photos numériques qui s'accumulent sur le disque dur de votre ordinateur...

\*<http://www-rocq.inria.fr/imedia>  
Pour en savoir plus : « Description et indexation automatiques des documents multimédias : du fantôme à la réalité ».  
<http://interstices.info/indexation>

# Comment la vis traînée

*Que se passe-t-il entre les yeux et le cerveau? Comprendre les mécanismes de la vision humaine permettrait de développer de nombreuses applications...*



En haut, de gauche à droite : modélisation de l'activité cérébrale; carte de la variabilité anatomique du cerveau.  
Ci-dessus : observation du cerveau par imagerie fonctionnelle.



# ion est par le cerveau

**V**ous connaissez Aïbo, le petit chien robot? Il se promène tranquillement dans la maison en évitant les meubles, retrouve son maître, essaie de lire une émotion sur son visage... S'il y arrive, c'est qu'il est doté d'une vision robotique: des capteurs le renseignent sur son environnement, et son ordinateur interne analyse ces données pour lui permettre de s'orienter. La vision par ordinateur, c'est la spécialité d'Olivier Faugeras, l'un des experts mondiaux du domaine. Robots jouets, industrie – avec les chaînes de montage automatisées – analyse d'images aériennes, surveillance et imagerie médicale: la vision par ordinateur possède de nombreuses applications. « Ces systèmes marchent bien, explique le chercheur, mais il faut pour cela que l'environnement soit correctement contrôlé, avec une bonne lumière et des conditions stables. » Conditions que l'on peut facilement obtenir dans une usine, pour observer une ligne de montage régulière.

## UNE PERCEPTION BIOLOGIQUE

Tout se corse quand il s'agit d'apprendre au système à reconnaître des formes en extérieur. Un dalmatien sur la neige, par exemple: le cerveau humain n'a aucun mal à y voir un chien, alors que l'ordinateur ne percevra que des taches noires. « L'idée est donc de s'inspirer de la perception biologique », explique Olivier Faugeras, qui a créé pour cela l'équipe ODYSSEE au sein du centre de recherche INRIA à Sophia Antipolis, près de Nice. Objectif: comprendre la vision humaine pour ensuite l'appliquer aux robots. La première phase, pour ces scientifiques, est de s'atteler

à la maîtrise des techniques de traitement et d'analyse de l'image applicables à l'imagerie médicale. Leur but: améliorer les images qui nous renseignent sur la façon dont fonctionne la vision au niveau du cerveau. Les techniques existantes fournissent des renseignements différents et complémentaires. Ainsi l'IRM fonctionnelle (imagerie par résonance magnétique) mesure la variation de déoxyhémoglobine dans le sang, ce qui renseigne sur l'activité des neurones. L'électroencéphalogramme (EEG) mesure l'activité électrique d'un certain type de cellules. Il y a aussi la magnétoencéphalographie (MEEG), qui mesure à la fois les champs magnétiques et les champs électriques émis par les groupes de neurones. EEG et MEEG permettent un suivi dans le temps à l'échelle de la milliseconde là où l'IRM n'est qu'au dixième de seconde. Par contre, leur résolution spatiale n'est que de l'ordre du centimètre contre un dixième de millimètre pour l'IRM. « Nous avons mis au point de nouveaux algorithmes, pour améliorer et combiner l'imagerie fonctionnelle du cerveau, qui permettent de reconstituer l'activité », raconte Olivier Faugeras. Grâce aux nouvelles méthodes de calcul, on peut par exemple différencier en MEEG une centaine de régions d'activité, alors que les précédents logiciels de traitement des signaux n'en distinguaient que deux ou trois. L'autre axe de recherche porte sur la modélisation du fonctionnement du cerveau. La difficulté est que celui-ci exploite des millions de neurones. Pour simuler leur fonctionnement, il faut des capacités de calcul énormes. « Nous nous intéressons de près au *grid-computing*, le fait de cumuler la

puissance de calcul de nombreux ordinateurs. Récemment, un étudiant de l'équipe a réussi à simuler l'activité d'une partie d'un réseau de neurones, plusieurs dizaines de milliers, en utilisant les capacités de consoles vidéo du commerce associées entre elles! »

## DES RECHERCHES INTERDISCIPLINAIRES

L'équipe travaille ainsi à la frontière entre plusieurs disciplines, et multiplie les échanges. « C'est en même temps difficile et passionnant. Nous sommes à la fois entre l'informatique et les mathématiques appliquées, la médecine et les neurosciences. Il a fallu nouer des collaborations avec des équipes en France, en Europe, dans le monde entier. » Les premiers succès sont encourageants. « Grâce à nos résultats, on commence à regarder de quelle manière les zones impliquées dans l'activité visuelle communiquent entre elles. On voit que telle zone agit avant telle autre... C'est un grand succès qui va permettre de tester des modèles du fonctionnement de ces zones. » Olivier Faugeras se prend à rêver: « Du côté des applications futuristes, on peut imaginer la mise au point de prothèses visuelles, ce qui reviendrait à brancher directement des caméras sur le cerveau! » Dans un futur plus proche, il s'agira d'appliquer cette compréhension du cerveau humain à la vision robotique. Avant de la transposer aux autres sens: « L'audition possède de nombreuses similarités, souligne le chercheur. L'odorat est en revanche très différent. » Un nouveau défi.

*Pour en savoir plus: « Observation du cerveau par imagerie fonctionnelle »: <http://interstices.info/observation-cerveau>*

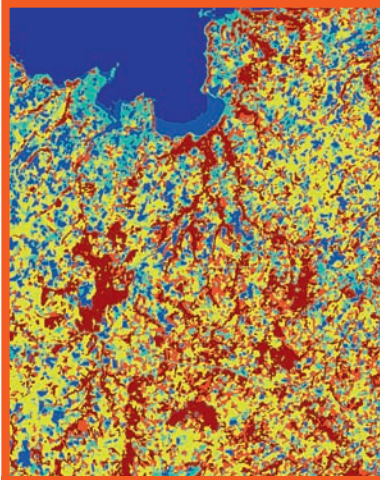
# Mieux prévoir les phénomènes

**P**our optimiser la pousse du blé, les agriculteurs ont la possibilité d'expérimenter en plein champ : ajouter de l'eau, utiliser un nouvel engrais, etc. Mais ils devront attendre la récolte pour savoir si la stratégie était bonne, et la saison suivante pour l'améliorer... Les scientifiques ont la solution : ils font pousser des plants virtuels sur leur ordinateur, où chaque caractéristique est validée par les données biologiques. Ils peuvent ainsi faire tourner des algorithmes en modifiant les fertilisants, l'apport d'eau... Et obtenir, sans se salir les mains, des récoltes idéales ! Impliquant plusieurs équipes de recherche de l'INRIA mais aussi d'autres instituts de recherche français et chinois, ce programme de modélisation en agronomie fait appel à des méthodes mathématiques développées par l'équipe IDOPT du centre de recherche INRIA à Grenoble. Il s'agit d'une méthode « d'assimilation des données » proposée il y a une vingtaine d'années par François-Xavier Le Dimet, qui dirige l'équipe. Elle est employée, notamment, par de grands centres de météorologie comme Météo France, et sera prochainement utilisée par le programme de recherche Mercator Océan, qui délivre des analyses et des prévisions océanographiques. Celui-là même qui fournissait à Maud Fontenoy une précieuse description en temps réel des courants de surface, lors de sa traversée du Pacifique.

## UN OcéAN DE POSSIBILITÉS

Les modèles océaniques font justement partie des spécialités des scientifiques de l'équipe IDOPT. Ces modèles permettent d'anticiper les

© INRIA / ARIANA-UNIVERSITÉ DE NAPLES

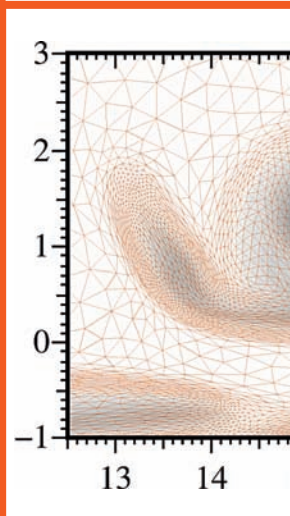
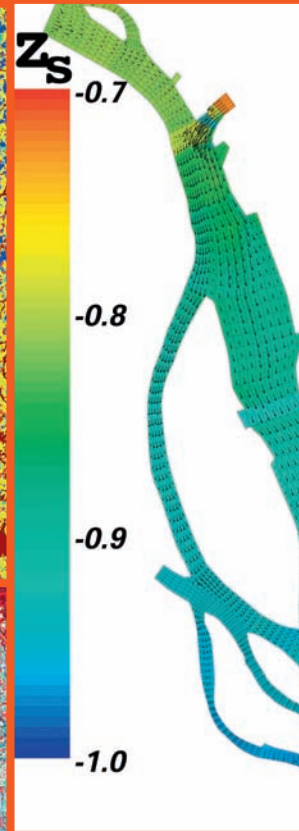


Classification de zones rurales (baie de Lannion) par deux modèles de champ de Markov.

© INRIA - CNES/PROJET ARIANA



Détection des dégâts après un feu de forêt à partir d'une seule image SPOT 5.





**Une même méthode mathématique pour simuler la pousse du blé, les courants marins et la structure du plasma ! Qui a dit que les maths ne servaient à rien ?**

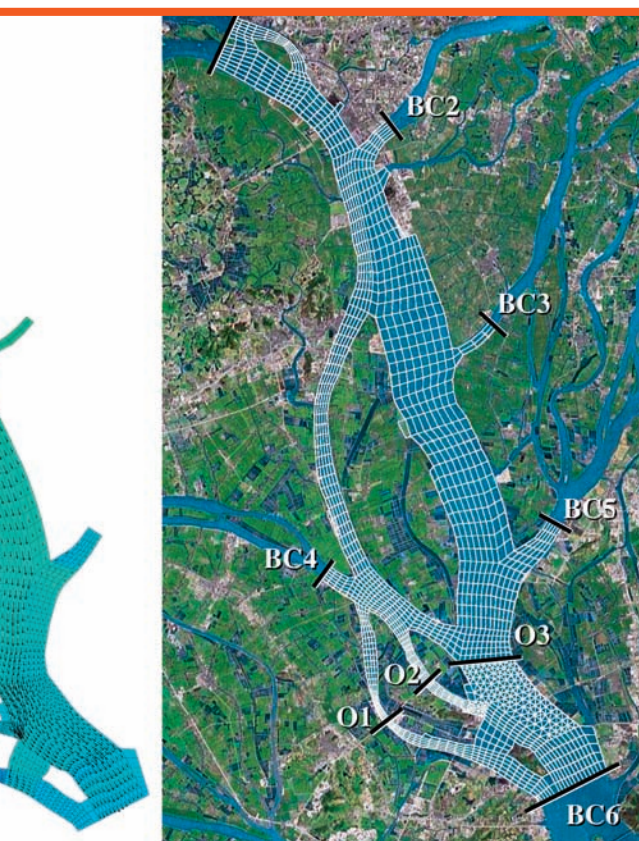
# s naturels

pouvons utiliser l'équivalent de la puissance d'une cinquantaine de PC du commerce. La simulation de validation se fait ensuite sur des supercalculateurs mis à disposition de la recherche publique. Elle nécessite souvent quelques centaines d'heures de calcul ! »

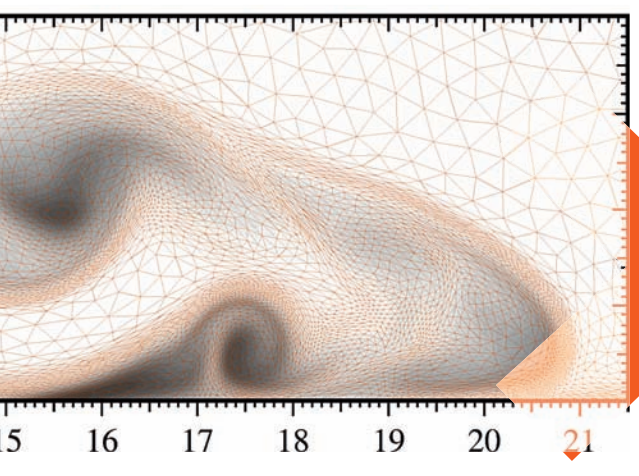
## PLUS ON EST DE MODÈLES...

La collaboration avec les physiciens est très poussée : « Nous leur fournissons des outils logiciels et mathématiques pour améliorer leurs modèles, et en contrepartie nous bénéficions d'une validation de nos travaux sur des cas réels », reprend François-Xavier Le Dimet, pour qui le principal défi est de parvenir à coupler des modèles différents. « Faire de la climatologie en ne considérant que l'atmosphère n'a pas de sens. Il faut aussi considérer et donc modéliser l'océan, les eaux continentales et la végétation, dont l'influence sur le climat est grande. » Cependant les constantes de temps et d'espace sont très différentes entre ces milieux. De plus, les météorologues, océanographes et hydrologues n'ont pas les mêmes langages ou cultures. « C'est un des rôles des mathématiciens d'être un dénominateur commun, de bâtir des ponts entre les disciplines », souligne François-Xavier Le Dimet. Les ouragans d'Amérique du Nord sont un « exemple typique de couplage atmosphère-océan ». « Le comportement relativement précis d'un ouragan est prévisible avec 48 heures d'avance en utilisant un modèle atmosphérique, un modèle océanique et des données de ces deux milieux. Cela laisse le temps d'évacuer les populations. L'exemple tragique de l'ouragan Katrina, qui a touché les États-Unis en 2005, l'illustre : sans prévision météorologique, le bilan des pertes humaines aurait malheureusement été encore plus lourd. Il est vraisemblable que le coût des recherches météorologiques, océanographiques et mathématiques est faible par rapport aux dommages causés par de telles catastrophes. » Travailler à améliorer les prévisions prend tout son sens.

*Pour en savoir plus : « Mieux prévoir les phénomènes météorologiques ». <http://interstices.info/meteo>; <http://interstices.info/prevision-environnement>*

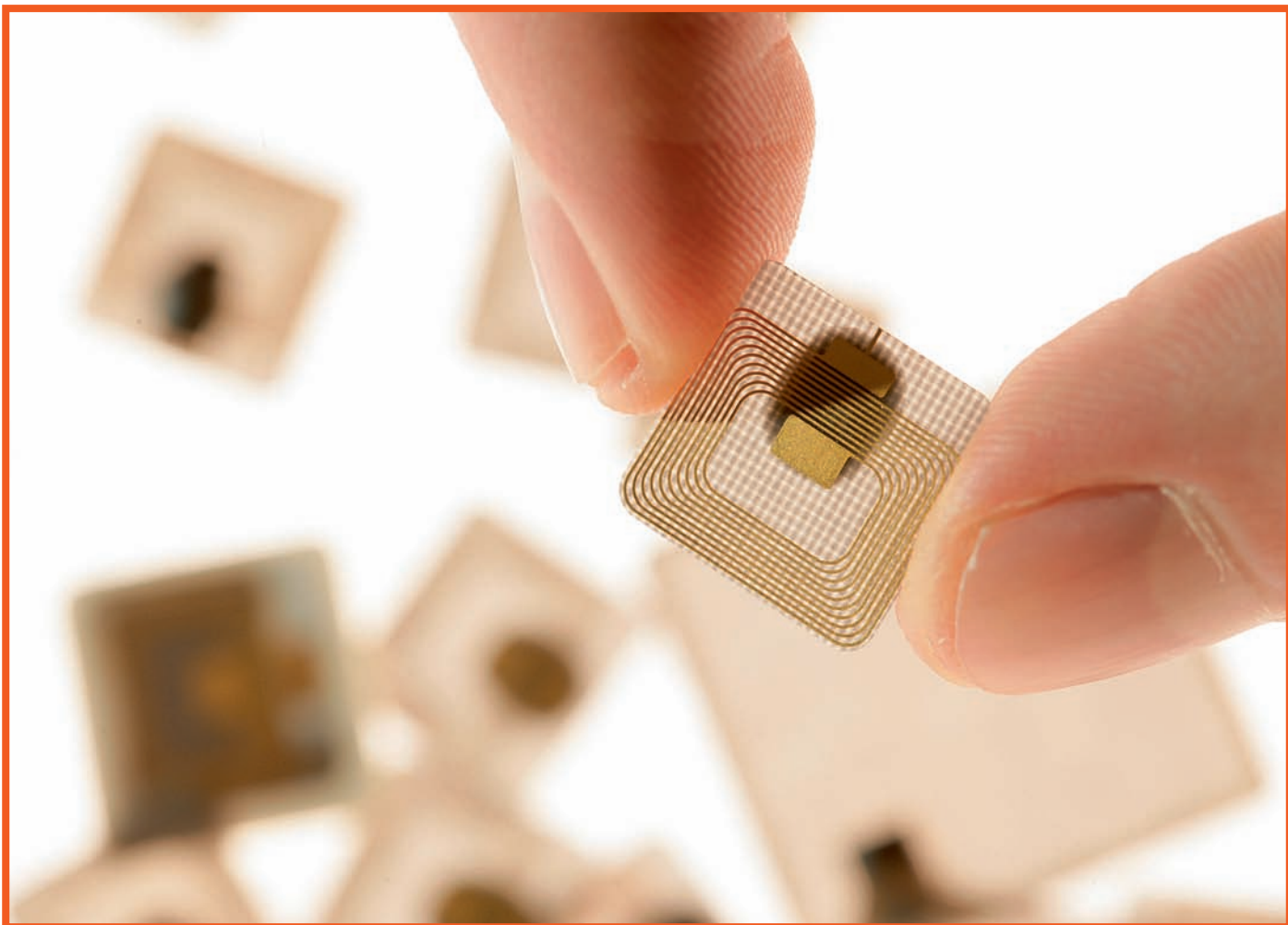


effets d'une marée noire en prévoyant la trajectoire des hydrocarbures. Ils servent également pour la navigation, pour la pêche ou encore pour l'aménagement du littoral, en simulant l'érosion de la côte. « Les fluides géophysiques possèdent des propriétés communes, ce qui permet d'employer des méthodologies comparables en océanographie, en météorologie ou en hydrologie », généralise Éric Blayo, qui dirige l'équipe MOISE, successeur de l'équipe IDOPT de François-Xavier Le Dimet. La difficulté pour effectuer des prévisions en météorologie, par exemple, est de déterminer « l'état initial » : qualifier le temps qu'il fait aujourd'hui pour prévoir comment il va évoluer. « Pour cela, nous avons, d'une part, des mesures, d'autre part des modèles construits à partir des lois physiques, précise François-Xavier Le Dimet. Cela donne des équations très complexes. Certains modèles météorologiques tiennent compte en effet de plusieurs centaines de millions de variables à chaque instant ! » Les chercheurs d'IDOPT développent des méthodes mathématiques qui permettent d'optimiser la modélisation et de prendre en compte un maximum de données. Des méthodes qui ont besoin d'être validées sur des cas réels, ce qui demande une grande puissance informatique. « La phase de mise au point requiert des calculs de quelques dizaines de minutes à une heure, environ. Ici, nous



**Ci-dessus : hydrologie fluviale, identification de la baisse de la crue du fleuve Pearl en Chine.**  
**Ci-contre : simulation d'avalanche.**

# Des codes très



© INRIA/PHOTO C. LEBEDINSKY

**En cryptologie, les calculs sont par définition compliqués. Pour les optimiser, les solutions ne sont pas techniques, elles sont algorithmiques. Laissez les spécialistes vous expliquer...**

**A** lors qu'aujourd'hui on confie sans inquiétude son numéro de carte bleue sur Internet, savez-vous que derrière les achats en ligne se cachent des systèmes faisant appel à la cryptologie, la science du chiffrement ? Pour simplifier : les codes secrets. La cryptologie, c'est justement la spécialité d'Emmanuel Thomé, chercheur à Nancy dans l'équipe de l'INRIA baptisée CACAO, pour « Courbes, algèbre, calculs, arithmétique des ordinateurs ». « Nous sommes une équipe de matheux, nos travaux restent très fondamentaux. Disons que nous travaillons sur des mathématiques qui trouveront des applications par exemple dans les télécommunications, l'aviation ou encore la crypta-

nalyse, les systèmes de cryptologie. » Ces scientifiques jonglent avec des grands nombres. « Le fait de savoir travailler sur de grands nombres permet de résoudre des systèmes d'équations très complexes. L'évolution des mathématiques suit celle des ordinateurs et de la puissance de calcul. Nous flirtons avec les limites de la technologie. Un calcul d'importance auquel nous contribuons en ce moment nécessite 7 téraoctets de données intermédiaires [ndlr : 7 000 gigaoctets, l'équivalent de 10 000 cd-rom !]. Il faut donc ruser pour exploiter au mieux la machine. » En cryptologie, la technologie impose en effet une taille maximale de données traitées : on ne peut pas faire tenir plus d'une certaine quantité de données sur un

Des codes de plus en plus complexes permettent de sécuriser les puces, comme dans ces étiquettes électroniques.



# secrets

ordinateur, encore moins sur une puce. Par exemple pour RSA, un algorithme souvent utilisé pour sécuriser les transactions sur les sites de commerce électronique, la taille de la clé de chiffrement est de 1 024 bits, soit 128 octets, ce qui correspond à un nombre à 300 chiffres décimaux (un nombre de l'ordre du milliard possède neuf chiffres décimaux). « On sait qu'une machine à 200 millions de dollars serait capable de casser une clé RSA en un an de calcul, dit Emmanuel Thomé. Ici, nous travaillons sur des algorithmes utilisant des structures mathématiques appelées « courbes elliptiques et hyperelliptiques ». Ce sont des cryptosystèmes asymétriques. Comme RSA, ils utilisent des clés publiques, mais qui ont l'avantage d'être plus petites, et à niveau de sécurité constant, voire supérieur, ce sont des algorithmes plus rapides. »

## ENTRE COURBES ET ARRONDIS

Les « cryptosystèmes » servent à crypter des données sur un réseau pour éviter qu'elles puissent être espionnées, on les trouve aussi dans les cartes à puce, type carte bancaire, carte d'accès ou encore carte téléphonique. « Pour les objets de la vie de tous les jours qui embarquent de l'électronique et qui utilisent des cryptosystèmes, comme les assistants personnels ou les téléphones portables, il faut économiser au maximum les batteries et éviter que cela chauffe. Dans ce contexte, notre but est de développer des systèmes plus efficaces, plus sûrs, et les moins chers possible. Les cryptosystèmes utilisant des courbes sur lesquels nous travaillons répondent à ces exigences en offrant à la fois sécurité et légèreté. » L'équipe développe également des outils mathématiques utilisés pour certains calculs complexes comme les nombres réels (nombres à virgule) avec un nombre arbitraire de chiffres après la virgule. « Toute la difficulté est de garantir un arrondi juste, explique Emmanuel Thomé. C'est extrêmement important. Certaines erreurs de calcul ont coûté des vies humaines. Un exemple connu est celui d'un missile

irakien qui a touché une base américaine parce que le missile antimissile était parti quelques fractions de seconde trop tôt à cause d'une erreur d'arrondi. C'est en considérant ce genre d'incident que l'on se rend compte de l'utilité de nos recherches. »

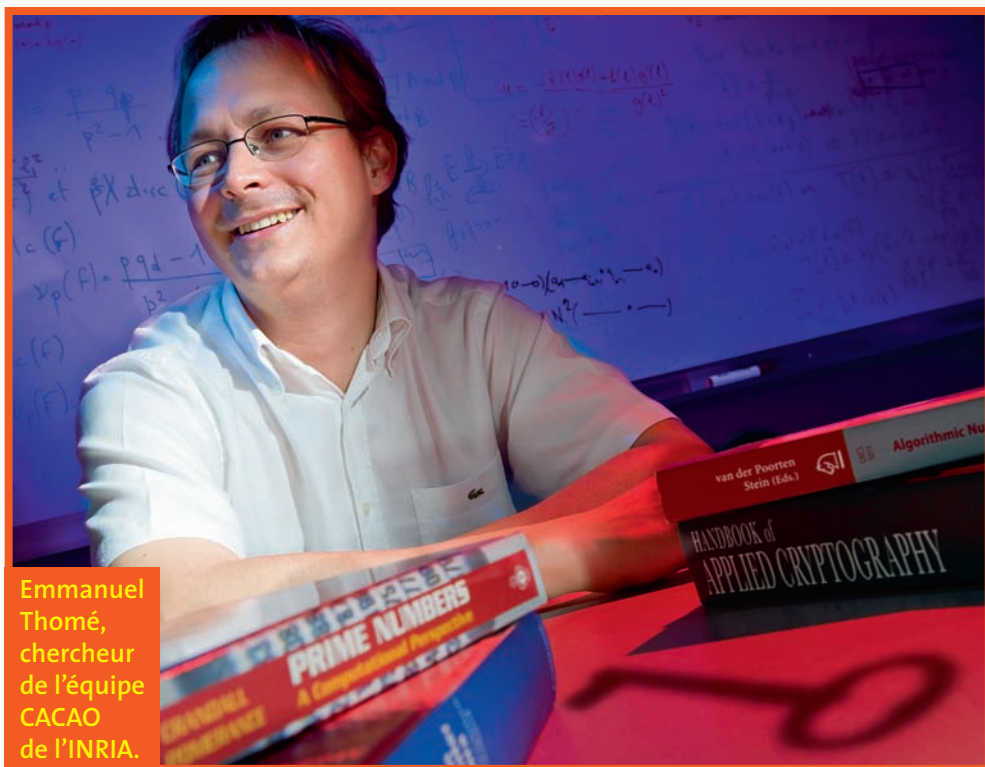
## CHERCHEURS EN RÉSEAU

Sur ce domaine, dans le monde, ils sont à peine quelques centaines de chercheurs. « Nous formons de petites équipes de gens, aux quatre coins de la planète, qui travaillent sur les mêmes sujets, se connaissent et se rencontrent », explique Emmanuel Thomé pour qui son métier est une passion : « J'ai toujours aimé faire des maths et été curieux des technologies. Cet environnement mathématique et technologique est très exaltant. » La prochaine fois que vous achetez en ligne, pensez aux codes secrets que vous utiliserez sans même le savoir...  
*Pour en savoir plus sur la cryptographie :*  
<http://interstices.info/rsa> ;  
<http://interstices.info/protocole-cryptographique> [équipe LANDE].

## La télémédecine au service des patients

Les reins débarrassent le sang de ses déchets, sauf chez les personnes atteintes d'insuffisance rénale chronique. Ces malades sont soit hospitalisés, soit traités par dialyse péritonéale. Ils peuvent alors rester chez eux, mais le traitement est contraignant et entraîne des risques d'accident. Afin de réduire ces risques, la start-up Diatélic propose un système de télémédecine basé sur les technologies développées au Loria\*. Les patients relèvent leurs paramètres médicaux (tension, volume et nature des poches de dialyse...) et les envoient à leur médecin grâce à une connexion à une base de données. Le système analyse ces chiffres et peut directement alerter le médecin en cas de problème. Le système est en cours de déploiement à grande échelle en Lorraine. Une première mondiale.

\* Laboratoire lorrain de recherche en informatique et ses applications, qui regroupe des chercheurs du CNRS, de l'INRIA et des universités de Nancy.



Emmanuel Thomé, chercheur de l'équipe CACAO de l'INRIA.

© INRIA / PHOTO JIM WALLACE

# Des réseaux à la

**Prévoir une éruption volcanique avec des capteurs posés sur le flanc du volcan, savoir quels produits sont en stock en lisant leurs étiquettes radio, communiquer sans passer par une antenne relais... Tout cela grâce à des réseaux autonomes et efficaces? Possible, disent les scientifiques.**

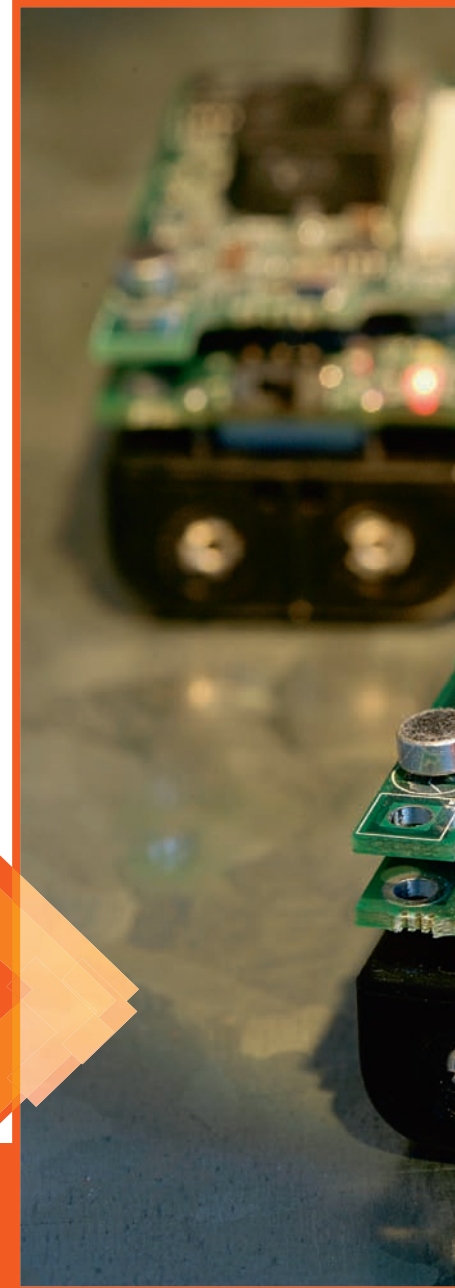
**E**t si des capteurs répartis sur la surface de l'océan signalaient automatiquement toute variation anormale du niveau de la mer? Les tsunamis n'échapperaient plus au contrôle humain. Imaginez un système identique à la surface des volcans, afin de prévoir les éruptions. Le savoir pourrait progresser. Ce sont quelques-unes des applications que l'on peut envisager grâce aux Pops (petits objets portables sécurisés). David Simplot-Ryl dirige l'équipe POPS de l'INRIA à Lille. Dans son bureau, sur le campus de l'université scientifique de Lille, trois écrans lui font face. « Ça fait Matrix », plaisante-t-il, en précisant que c'est uniquement parce qu'il « transfère des données sur un ordinateur portable ». Sur l'un des écrans tourne une simulation de réseau de type ad hoc. « C'est une idée très séduisante de réseau sans opérateur », explique David Simplot-Ryl. Pas de serveur central, mais un relais entre utilisateurs. « On pourrait, par exemple, distribuer un PDA [ndlr : assistant personnel de type Palm] à chacun des étudiants sur le campus, et on ferait transiter de la voix de l'un à l'autre, jusqu'au destinataire, sans passer par aucune antenne relais. » Sur son écran, on distingue des points reliés entre eux. Certains sont bleus, d'autres rouges. « Ce sont ceux qui n'ont plus de batterie, car ils sont situés au centre et supportent la majorité des communications, donc ils consomment plus. Nous travaillons notamment à répartir la charge pour éviter ce problème. » La consommation d'énergie est l'une des trois principales contraintes créées par la petite taille des Pops, les deux autres étant la mémoire et la

puissance de calcul. Le travail de l'équipe est de permettre d'exploiter au mieux ces capacités limitées.

## DES PUCES PLUS SAVANTES

« Les cartes à puces contiennent 27 mm<sup>2</sup> de silicium – c'est à peu près 50 fois plus petit qu'un processeur d'ordinateur – et les étiquettes électroniques à peine 3 mm<sup>2</sup> – soit 500 fois moins ! Les programmer pour les utiliser au mieux demande une grande expertise. Nous cherchons à fournir des logiciels de base et des outils aux programmeurs qui travaillent dessus. » Parmi les défis à relever : la communication sans fil, avec le développement de systèmes d'échange de données qui peuvent s'adapter à des environnements différents, par exemple à très haute température, près d'un volcan. Mais il faut aussi prendre en compte le type de données à transmettre, la nécessité de les obtenir en temps réel ou pas, à plus ou moins longue distance, etc. Il faut également optimiser la gestion de l'espace mémoire en développant des algorithmes adaptés : « Windows, par exemple, utilise près de 200 Mo au démarrage, explique David Simplot-Ryl. Ce n'est pas adaptable aux petits objets, il faut utiliser d'autres systèmes. » Le dernier « verrou » est celui de l'efficacité : « Quand votre téléphone portable met cinq secondes à démarrer, c'est parce que la carte à puce est lente. Or, ce n'est pas parce qu'on est petit qu'on doit forcément être lent ! Nous travaillons à des langages intermédiaires entre le matériel et le langage des programmeurs, pour générer des instructions plus efficaces. » C'est pourquoi l'équipe POPS regroupe une vingtaine de personnes aux compétences complémentaires.

Petits objets portables reliés en réseau ad hoc.



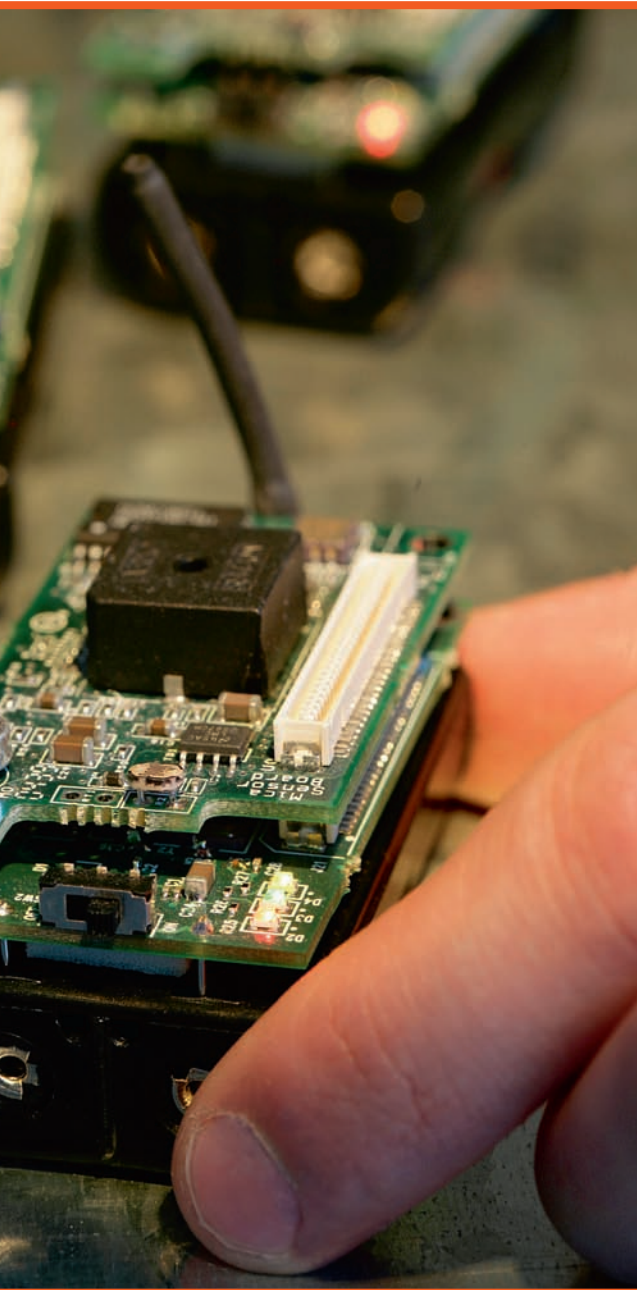
« Certains sont spécialistes en matériel, d'autres en protocoles de communication ou encore en logiciels de base... Ceux qui font la recherche sont avant tout les doctorants. »

## OUVRIRE LE MARCHÉ

À l'INRIA, l'équipe POPS collabore beaucoup avec les industriels qui viennent lui soumettre des problèmes à résoudre. « Cela nous permet de centrer notre recherche sur les



# carte



David Simplot-Ryl, responsable de l'équipe POPS (petits objets portables sécurisés) de l'INRIA.

applications, même si, en parallèle, nous faisons de la recherche fondamentale. Au final, on se rend compte que cela converge», se félicite David Simplot-Ryl. L'une des plus grandes fiertés du jeune patron de l'équipe est sans doute la mise au point d'un « protocole d'anticollision » pour les étiquettes électroniques, ces petites puces qui font leur apparition sur le marché. Remplaçant les étiquettes de prix traditionnelles, elles peuvent être lues à

distance car elles transmettent leurs informations sans fil, par la seule voie des airs. Cela permet, par exemple, de retrouver un animal de compagnie perdu, de classer très facilement les ouvrages dans les bibliothèques, de suivre les bagages dans les aéroports ou encore de mieux gérer les stocks en magasins (on peut savoir immédiatement quand le produit est passé en caisse et n'est plus en rayon). « L'idée est apparue en 1998. Nous avons déposé le brevet en 1999, et les premières véritables applications sont arrivées trois ans plus tard. » David Simplot-Ryl et ses collègues ont réussi à mettre au point une technologie permettant une lecture très rapide des informations contenues dans un grand nombre d'étiquettes électroniques: jusqu'à 200 à la seconde. « Un succès comme celui-là, on en a un tous les cinq ans », relativise le chercheur. Pour connaître d'autres succès, son objectif est de mettre désormais à disposition en open source (c'est-à-dire avec le code du programme accessible à tout le monde) une plate-forme de référence, sorte de boîte à outils pour les programmeurs

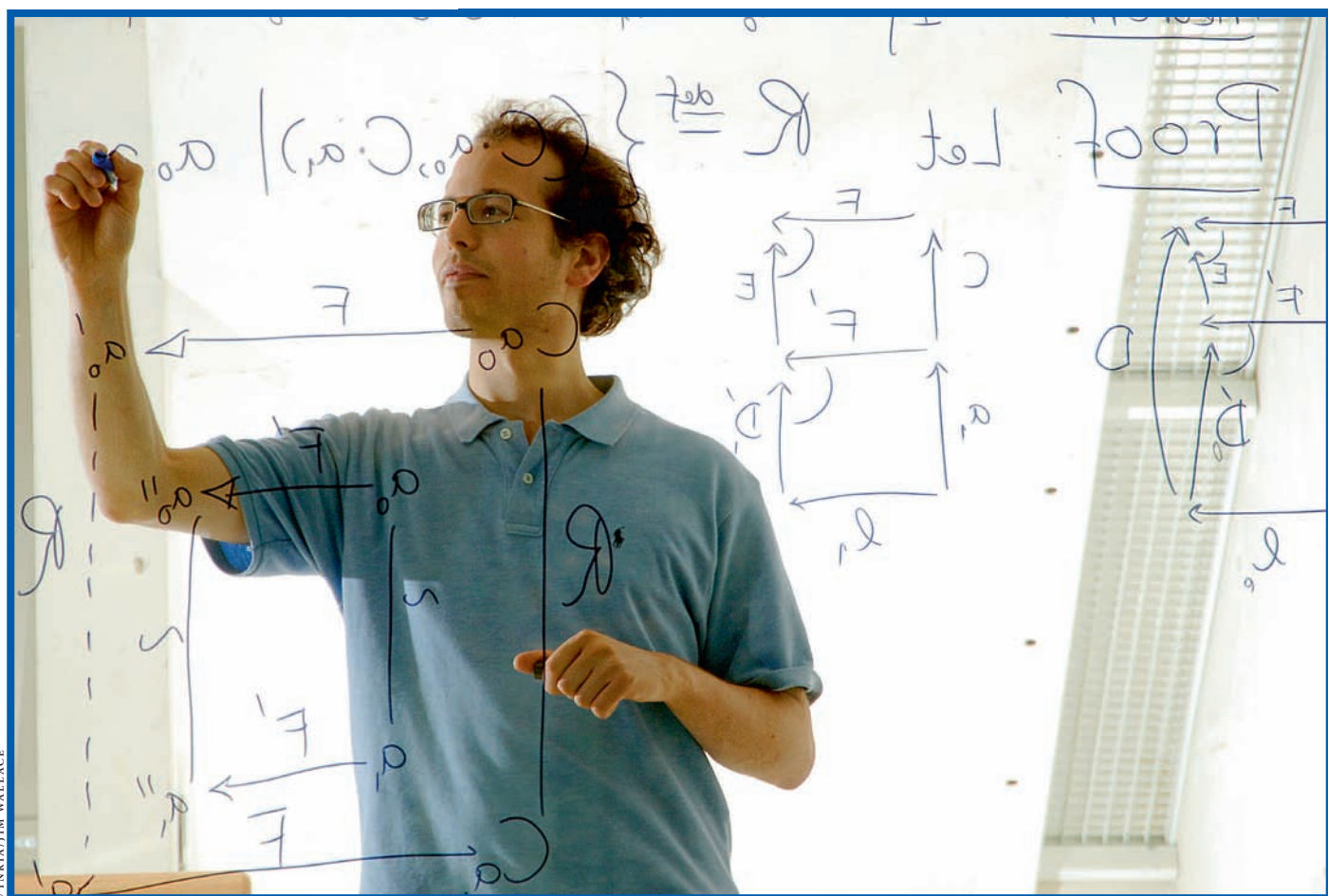
et les fabricants de puces. « Cette plate-forme regrouperait toutes les dernières avancées en termes de gestion de mémoire, d'efficacité, de communication, afin de leur permettre de réaliser au mieux leurs projets. »

## LES POPS BIENTÔT AU TOP

Qu'il s'agisse des cartes à puces, des étiquettes électroniques ou des capteurs autonomes, l'utilisation des Pops est en plein essor. « Ce sont les performances réalisées dans la miniaturisation qui ont permis cela, explique David Simplot-Ryl. Faire du pair à pair a du sens, contrairement aux réseaux centralisés autour d'un chef d'orchestre, une station de base. On le voit bien avec la téléphonie mobile: aujourd'hui, on a atteint les limites de la technologie GSM, le réseau est à saturation. Pour moi, l'avenir se trouve dans les réseaux ad hoc. »

Pour en savoir plus sur les « Étiquettes communicantes » et les réseaux de capteurs: <http://interstices.info/rfid>; <http://interstices.info/reseaux-capteurs> [équipe ASAP].

# Études scientifique comment



© INRIA/JIM WALLACE

**P**our réussir dans les sciences du numérique, il faut faire des maths, de la physique ou de l'informatique. Un parcours universitaire classique et brillant (licence, master « recherche », doctorat...) ou une école d'ingénieurs. Mais ces voies royales ne sont pas les seules à mener à la recherche scientifique. Le numérique a besoin de biologistes, de physiciens, de chimistes, de compétences variées... Et de techniciens. BTS et DUT permettent d'obtenir avec succès ce type de postes, grâce à un enseignement pratique. Ces

filières courtes voient leur nombre d'étudiants augmenter chaque année. Ils trouvent en effet facilement leur place sur le marché de l'emploi, les plus demandés étant ceux qui réalisent une année supplémentaire, qui se spécialisent avec une licence professionnelle.

Les élèves de l'université qui ne sont pas major de promo doivent prouver leur débrouillardise en se frottant à la réalité des entreprises, ou s'offrir une « double compétence » qui différencie un cursus. Les entreprises s'arrachent les spécialistes en propriété industrielle et en affaires

réglementaires : pourquoi ne pas opter pour un master pro de droit après un master de sciences ? Dans des labos qui travaillent sur des sujets de plus en plus complexes, maîtriser deux matières (les maths et la bio, par exemple) représente un véritable plus.

Préférer les chemins de traverse, rester curieux, ne pas avoir de tabou du style : « la recherche fondamentale, c'est formidable, la recherche appliquée, c'est sale... » Ne pas se cantonner à une spécialité, voyager et parler anglais... Et vous voilà prêt à vous lancer dans l'aventure scientifique !



# iques

Filière par filière, Phosphore fait le point sur les études de sciences. Celles qui promettent, et celles qu'il faut éviter.

# ça marche ?

## MATHÉMATIQUES

Finance, statistiques et prévisions sont ouvertes aux doubles profils dans les secteurs de pointe, tandis que l'enseignement reste du domaine des mathématiciens purs.

### OBJECTIF BAC + 4/5

#### À l'université

► **Les licences** : les licences mention Mathématiques donnent une formation de base et sont recommandées à ceux qui veulent préparer le Capes.

Les autres ont intérêt à choisir des mentions centrées sur les applications en maths à différents domaines, comme la mention Mathématiques, informatique et applications aux sciences (Mias). La mention Mathématiques appliquées aux sciences sociales (Mass) permet d'acquérir une double compétence : maths et économie, maths et psychologie, socio ou gestion.

► **Les IUP** : il en existe en génie mathématique et informatique ou génie électrique et informatique industrielle.

► **Les masters** : les masters pro appliquent les maths à l'informatique, aux sciences sociales ou à la physique, par des mentions telles que : Cryptologie et sécurité ; Informatique, représentation, modélisation et gestion sociale des risques ; Ingénierie des données en sciences sociales ; Filtrage et traitement des données... Les masters recherche : que ce soit en mathématiques pures, appliquées, ou en recherche opérationnelle et combinatoire... la science mathématique est encore à explorer !

#### En écoles

► **Les Écoles normales supérieures**, accessibles après une classe prépa (MP, PC, PSI), sont la voie royale pour l'agrégation de maths. L'entrée, avec 5 % des candidats admis, est sélective.

► **Les écoles d'ingénieurs** : les options

de maths appliquées se développent dans les écoles d'ingénieurs, en particulier au Cust de Clermont-Ferrand, à l'Enseeiht de Toulouse, à l'Enserg, à l'Ensimag de Grenoble...

### LES DÉBOUCHÉS

Les entreprises des secteurs de pointe raffolent des matheux pour faire des prévisions, de la finance, des stats, etc. Elles fournissent d'ailleurs l'essentiel des débouchés aux mathématiciens. À condition d'avoir un haut niveau de formation, voire un double profil école d'ingénieurs et master d'université. Les mathématiciens purs se dirigent plutôt vers l'enseignement, prometteur dans le futur : 806 postes ont été proposés au Capes en 2008 et 252 postes à l'agrégation.

### PLUS D'INFO

► Denis Guedj : *Les mathématiques expliquées à mes filles*, Seuil, 2008, 9 € et *Zéro*, Pocket, 2007, 7,20 €.

► *Maths à l'université : quels débouchés ?*, collection Infosup de l'Onisep, 2005, 4,90 €.

► La Société de mathématiques appliquées : <http://smai.emath.fr>

► La Société mathématique de France : <http://smf.emath.fr>

### Les conseils de Phosphore

► **Accrochez-vous !** Les premières années de fac sont dures à avaler et l'encadrement des étudiants y est bien plus lâche qu'au lycée. Ne commencez pas à remettre à demain ce que vous devez faire aujourd'hui. L'échec serait alors assuré.

► **Travaillez les langues.** Si les sciences pures vous passionnent, les langues vous seront indispensables : chercheur, il vous faudra être capable de publier en anglais ; employé d'une entreprise, les langues dynamiseront votre carrière...



© INRIA / PHOTO JIM WALLACE

### Focus sur... la filière prépa Maths Physique (MP)

Pour les fans de sciences « dures » qui n'ont pas peur du travail : la prépa Maths Physique est la voie royale qui mène aux écoles d'ingénieurs les plus prestigieuses. Attention : le programme concentré sur ces deux matières est très costaud : 12 heures de maths hebdomadaires, 7 ou 8 heures pour la physique ! Le reste des enseignements étant éparpillé entre les sciences de l'ingénieur, la chimie, l'informatique, etc. Le cursus, particulièrement compétitif, opérera une sélection naturelle parmi les élèves et seuls les meilleurs arriveront jusqu'aux concours. Les autres pourront retourner vers la fac, avec une bonne méthode de travail en poche.

## PHYSIQUE

Université ou école, les cursus sont nombreux de bac + 2 à bac + 8. BTS et DUT ont aujourd'hui leur carte à jouer. Côté fac, tablez au moins sur un bac + 5 pour décrocher un emploi.

### OBJECTIF BAC + 2/3

#### En STS

► Le BTS Techniques physiques pour l'industrie et le laboratoire offre une formation de technicien supérieur spécialisé dans les mesures (pression, température, débit, etc.)

► Le BTS Biophysicien de laboratoire est dispensé par une seule école (l'École technique supérieure de laboratoire) et s'intéresse à tous les matériaux d'origine biologique.

#### En IUT

► Le DUT Mesures physiques comporte deux options : mesure et contrôle physico-chimique et techniques instrumentales.

### À l'université

► Les licences pro offrent des spécialités principalement orientées vers la production industrielle : gestion de la production industrielle ; génie des matériaux ; énergie et génie climatique, etc.

### OBJECTIF BAC + 4/5

#### À l'université

► Les licences : chimie, physique, physique-chimie, biochimie, physique et application : toutes ces mentions ouvrent une poursuite d'étude en masters de physique-chimie.

► Les IUP : on peut rejoindre un IUP Génie des systèmes industriels, Génie électrique et informatique industrielle.

► Les masters pro concernent l'énergie, le génie des matériaux, l'acoustique, l'optique, etc. Les masters recherche approfondiront l'astrophysique, la physique des matériaux, la physique subatomique, etc.

#### En écoles d'ingénieurs

► Certaines écoles proposent une filière complète en physique (Cust de Clermont-Ferrand, Ensieg, les ENSCP...) ou en chimie (CPE Lyon, les Insa...).

► D'autres, plus généralistes, proposent des options les deux dernières années, voire même la dernière année

(les Mines de Paris, d'Alès ou de Saint-Étienne, Centrale Paris, Lyon, Lille, Nantes...).

### LES DÉBOUCHÉS

Les secteurs de la physique et de l'énergie recrutent à un haut niveau. Ces derniers placent, en effet, les physiciens au cœur des avancées technologiques. Dans l'enseignement, le nombre de place a encore diminué en 2008 : 491 postes seulement étaient proposés au Capes contre 610 en 2007.

### PLUS D'INFO

► *Physique : les études, les débouchés*, 2006, collection Infosup de l'Onisep, 4,90 €.

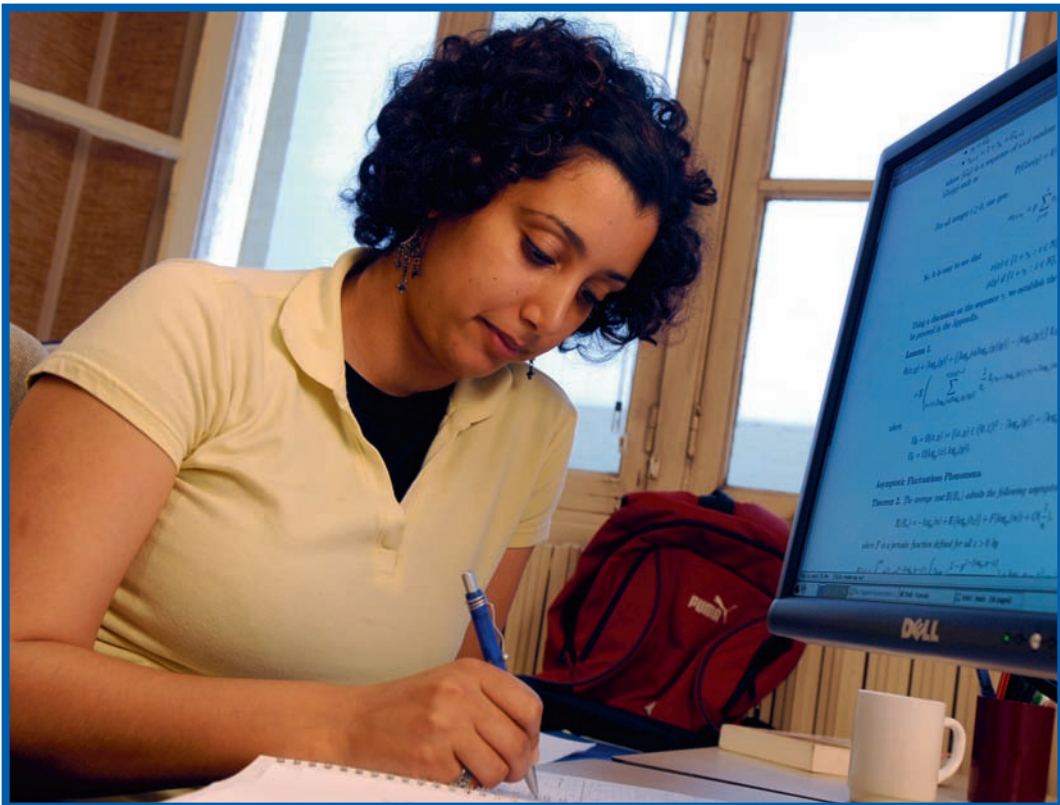
### Les conseils de Phosphore

► **Misez sur les doubles compétences.** Un diplôme en commerce ajouté à un titre d'ingénieur rendra votre profil très complet pour les entreprises.

► **Jouez la carte des applications.** À moins de souhaiter devenir prof, le meilleur calcul est de cibler les secteurs d'applications de la physique comme l'électronique, l'optique, la mécanique...

► *Les paradoxes en physique*, de Philippe Ribière et Chérif Zananiri, 2008, chez Ellipses Marketing, 16 €.

► Sur le site de la Société française de physique, des réponses à vos questions, des adresses où parler physique, etc. : [www.sfnnet.fr](http://www.sfnnet.fr)



© INRIA/PHOTO JIM WALLACE

### Focus sur... les écoles d'ingénieurs à prépa intégrée

Le bac en poche, plutôt que d'attendre deux ans en prépa pour passer les concours, il est possible d'avancer cette échéance. De nombreuses écoles d'ingénieurs à cycle préparatoire intégré

(CPI) recrutent après le bac. Elles proposent des cursus de cinq ans, répartis entre deux années préparatoires (au programme proche des prépas classiques) et trois années de cycle

ingénieur. Elles ont toutes leur spécialité (il y en a beaucoup en physique-chimie). Parmi elles, les cinq Instituts nationaux des sciences appliquées (Insa) ont très bonne réputation.



# INFORMATIQUE

Une licence et une bonne connaissance de l'entreprise sont le minimum pour trouver du travail dans ce domaine.

## OBJECTIF BAC + 2/3

Il faut d'abord passer un bac S, STI, ou STT Informatique et gestion.

### En STS

► Le **BTS Informatique de gestion** apporte une vraie culture technique, il est orienté vers la gestion de l'entreprise.

► Le **BTS Informatique industrielle** est une autre possibilité, il est, quant à lui, orienté vers la production industrielle.

### En IUT

► Le **DUT Informatique** apporte des connaissances scientifiques qui sont plus poussées qu'en BTS.

► Les **DUT Génie électrique et Informatique industrielle** ou un **DUT Génie des télécommunications** et réseaux sont aussi possibles selon les domaines qui vous intéressent.

### À l'université

► Les **licences pro** proposent de nombreuses spécialités en réseaux et télécommunication, commerce électronique ou nouvelles technologies de l'information.

## OBJECTIF BAC + 4/5

### À l'université

► Les **licences** : une licence mention Informatique ou Mathématiques et informatique constitue la base du cursus.

► Les **IUP** : on peut également suivre un IUP en Miage, en génie mathématique et informatique ou encore en génie électrique et informatique industrielle.

► Les **MST** en informatique et statistiques appliquée aux sciences de l'homme ou en méthodes informatiques appliquées à la gestion s'adressent aux bacs + 2.

► Les **masters pro** envisagent tous les aspects de l'informatique sous l'angle de leurs applications professionnelles. Les masters recherche explorent l'informatique fondamentale, le multimédia, les modèles et les algorithmes, la cryptologie...

### En écoles d'ingénieurs

#### ► Les généralistes

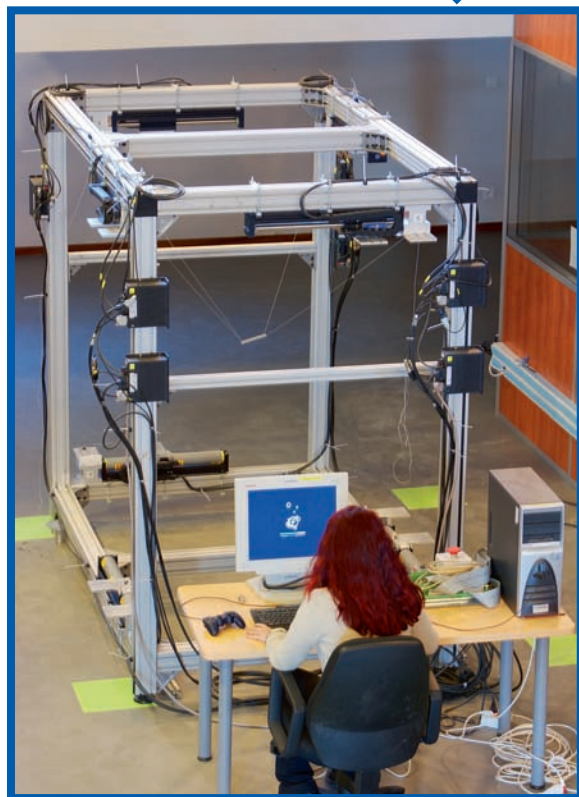
Une trentaine d'écoles offrent une spécialisation en 2<sup>e</sup>, voire en 3<sup>e</sup> année telle que l'École centrale, les écoles des Mines, Supélec, Télécoms...

#### ► Les spécialisées

Une quarantaine d'écoles proposent une filière complète dans un domaine précis, comme le génie informatique (UTBM, UTC), la modélisation et les maths appliquées (Enseeiht, Ensi-mag...), l'informatique industrielle (Esia, ENI...).

## LES DÉBOUCHÉS

Bonne nouvelle ! Dans ce secteur, l'emploi est au beau fixe. Dans les banques et les assurances, mais aussi dans l'industrie, les télécoms et le secteur tertiaire, des postes se créent. Ces entreprises cherchent des spécialistes pour améliorer leur fonctionnement et sécuriser les données informatiques ou pour l'assistance technique. Elles ont aussi besoin d'experts pour créer, développer et favoriser l'innovation. L'informatique et les mathématiques sont au cœur des grands problèmes interdisciplinaires dans les sciences de la vie, de la matière ou de l'environnement. Du coup,



© INRIA/PHOTO C. LEBEDINSKY

les recrutements sont nombreux, notamment ceux de jeunes diplômés. Et cela ne devrait pas s'arrêter.

## PLUS D'INFO

- *Histoire des codes secrets*, de Simon Singh, Livre de Poche, 2001, 6,95 €.
- *Les Métiers de l'informatique*, Studyrama/Guides J métiers, 2008, 11,95 €.
- La chambre syndicale des sociétés de service et d'ingénierie (Syntec) : [www.syntec-informatique.fr](http://www.syntec-informatique.fr)

## Les métiers de l'INRIA

Et à l'INRIA, qui embauchent-ils ? Sur le site de l'institut de recherche, une rubrique « recrutement » permet de faire le point sur les places disponibles et le type de profils recherchés. Des dossiers thématiques, les pages des chercheurs permettent d'en savoir plus sur les projets en cours, et les applications futures. [www.inria.fr](http://www.inria.fr)

## Focus sur... Tous les bacs mènent à l'informatique !

S'engager dans la voie de l'informatique avec un bac L ou ES, c'est possible !

Sachez que nombre d'écoles spécialisées en informatique (Epitech, Epita, Groupe 4...) sont ouvertes aux profils non-scientifiques après un bac + 2 ou un bac + 3. Il existe aussi des masters en informatique destinés aux non-scientifiques, comme à l'université

de Marne-la-Vallée, par exemple. Autre possibilité pour ces profils : intégrer une 3<sup>e</sup> année de licence Miage (Méthodes informatiques appliquées à la gestion de l'entreprise) après un BTS, un DUT ou deux années de licence. Les diplômés Miage sont très recherchés pour leur double compétence en informatique et en gestion.

# Chercheurs en h

## LAILA AMIR

Le doctorat ? Il ne figurait pas au programme initial de Laila Amir... «Après une maîtrise de sciences et techniques à Marrakech, je suis venue en France faire un DESS en mathématiques et informatique», explique la jeune marocaine. L'idée était de travailler directement pour l'industrie : «J'ai toujours été attirée par les maths, raconte-t-elle. Au début, la théorie ne me motivait pas particulièrement, mais j'ai pris goût au développement de logiciels et j'ai vite su que je voulais faire de la recherche en entreprise.» Laila, enthousiasmée par les mathématiques appliquées, sait ce qu'elle veut. À l'issue de son DESS, elle décide d'aller au-delà : «Je me suis dit qu'un bac +5 ne suffisait pas, je voulais me donner toutes les chances et je me suis lancée dans un doctorat.»

Son stage de DEA (ancienne appellation du Master de Recherche, M2), la mène à l'INRIA, au sein d'une équipe qui lui offre la possibilité d'enchaîner sur un doctorat financé par une entreprise. «Dans ce cas, la démarche est motivée par un projet industriel, explique-t-elle, mais cela reste de la recherche : on invente des méthodes et c'est un travail d'équipe passionnant qui demande de toujours se tenir au courant des avancées dans son domaine. Pour ma part, je travaille sur la modélisation du déplacement des particules dans le sol. Je développe du code informatique et je fais des simulations numériques.» Le sujet intéresse notamment l'Agence nationale de gestion des déchets radioactifs pour modéliser le déplacement des particules stockées, mais au-delà, les compétences de Laila s'appliquent à de nombreux domaines. Ainsi, la jeune doctorante n'a pas encore soutenu son doctorat, qu'elle a déjà signé un CDI avec une entreprise liée à l'aérospatial.

«J'ai accédé à ce que je voulais : un poste d'ingénieur alliant le développement de code avec les mathématiques et le numérique, sourit-elle. En plus,



© INRIA/PHOTO V. PEREGRIN

Laila Amir  
Ingénieur et enseignante.

des déplacements sont prévus ! » Elle s'anime : « Voyager, échanger, c'est très important ! l'INRIA m'a donné le goût des conférences internationales... C'est éminemment enrichissant, je le dis souvent aux jeunes, il ne faut pas avoir peur de bouger ! » Aux jeunes, justement, elle enseigne dans une école d'ingénieurs. « Ça me plaît énormément, parallèlement à mon travail pour l'industrie. C'est un bonus qui m'apporte beaucoup. En enseignant, on apprend à donner, à transmettre... un vrai plaisir. » Cette activité, elle compte bien la conserver : « J'ai négocié avec mon entreprise pour continuer à enseigner un peu, glisse-t-elle. » Une carrière à sa mesure et du bonheur à la clef, tel est peut-être le prix de tant de patience et de persévérance.

## FLORIAN GEFFRAY

C'est l'histoire d'une passion informatique. Elle se révèle au collègue, au sein d'un club informatique local, mène à la création d'entreprise, après avoir fait un tour du côté des studios d'Hollywood ! « Au lycée, j'étais bon en sciences et ça me plaisait, explique Florian Geffray. Ensuite, j'ai choisi la

fac. C'est vrai qu'on est livré à soi-même, il faut être motivé ! Mais c'est une bonne école d'autonomie et d'indépendance. » Après un second cycle en informatique, il privilégie une formation « concrète », avec un Master 2 professionnel en Génie informatique. « J'ai voulu rester généraliste, pour participer à toutes les étapes d'un projet informatique. » C'est dans ce cadre que Florian fait un stage à l'INRIA, au sein d'une équipe spécialisée en vision par ordinateur. Là, il travaille à la conception d'un système de capture multicaméras. « Le but était de modéliser en 3D une scène réelle, à partir d'images de plusieurs caméras filmant en même temps », explique-t-il. Son Master en poche, il intègre l'équipe en tant qu'ingénieur. « C'est très créatif : au sein d'une équipe de recherche on est à la pointe, on baigne dans l'innovation, tout en ayant un rôle très proche du concret. » À disposition des chercheurs et des doctorants de l'équipe, il fait la liaison entre les travaux des uns et des autres et communique avec eux.

Le grand tournant intervient quand un studio d'effets spéciaux fait appel à eux pour le tournage d'un film à Hollywood, *Déjà Vu* de Tony Scott. « Je suis parti sur le tournage aux États-Unis avec un autre ingénieur... et un logiciel de l'équipe, qu'on a développé et adapté sur place pour 80 caméras et 80 appareils photos ! » Après beaucoup de stress et, finalement, une très grande satisfaction, Florian Geffray se souvient de la fierté ressentie. « C'était génial de se retrouver là-bas, de remplir notre mission, fiers du résultat. » L'équipe de recherche trouve une application directe au système sur lequel elle travaille depuis plusieurs années et Florian, au terme de son contrat d'ingénieur, crée une entreprise, en s'associant avec un des doctorants de l'équipe. « Notre société, 4D View Solutions, a été créée en septembre 2007, précise-t-il. Nous collaborons étroitement avec l'INRIA,



## Ils ont choisi les études de sciences et l'INRIA pour un stage de recherche, une première collaboration. Portraits de trois jeunes chercheurs... heureux!

avec lequel nous avons signé une convention: l'INRIA nous héberge et nous bénéficions de ses structures.» La jeune société commercialise un système informatique 3D basé sur 8, 16, voire 32 caméras qui permet de transformer une scène réelle en une représentation en trois dimensions. «Les applications sont très nombreuses, continue Florian Geffray. Notre système intéresse les chercheurs en vision par ordinateur, et nous prospectons aussi les télévisions qui pourraient permettre à leurs téléspectateurs de choisir leur point de vue. On trouve aussi des applications dans la création de jeux ou en réalité virtuelle, dans l'industrie, la télévision en 3D...» L'aventure ne fait que commencer, et Florian n'échangerait sa place pour rien au monde: «On crée nous-même nos produits, on travaille avec une liberté certaine, pour des applications originales et innovantes... Je ne souhaite qu'une chose: que l'entreprise que nous avons créée me permette de continuer à m'amuser.» En attendant de voir le système sur votre télé, vous pouvez visualiser les démonstrations sur [www.4Dviews.com](http://www.4Dviews.com)!

**Florian Geffray**  
Créateur de l'entreprise 4D View Solutions.



© INRIA/PHOTO VÉRONIQUE DEBRY

### NATHALIE HENRY

Son parcours est celui d'une étudiante qui a toujours cherché à se faire plaisir en se fermant le moins de portes possible. «J'avais un bac scientifique, les jeux vidéo m'attiraient, pour l'univers des films d'animation, son côté esthétique... Le secteur me semblait porteur, et ça ne ressemblait pas trop à du travail, alors ça me plaisait!» lance Nathalie Henry. Elle choisit ainsi l'informatique, dans une école d'ingénieur avec prépa intégrée. «Mais j'ai trouvé les cours trop théoriques, j'avais besoin de pratique et je me suis réorientée vers un DUT en génie informatique, explique-t-elle. J'ai vraiment bien fait. Je me suis éclatée et je suis sortie parmi les premières.» Un parcours prometteur donc... et ce n'est qu'un début!

«J'ai suivi les conseils d'un prof, qui m'a dit qu'en poursuivant mes études je pourrais plus rapidement accéder à des postes intéressants. Et puis au pire, si j'échouais, j'avais toujours mon DUT.» Son choix se porte sur l'Insa de Lyon, «une excellente école qui proposait des activités extrascolaires intéressantes, comme des cours d'art plastique...» La formation impose un stage par an. Pour Nathalie c'est l'occasion de partir à la découverte de l'Écosse, puis des États-Unis et enfin de l'Australie! C'est à Sydney qu'elle rencontre le domaine qui la passionne et qui deviendra sa spécialité: la visualisation d'information. «Le but est par exemple de transformer une liste de nombres en une image, afin d'obtenir un résultat beaucoup plus facile à analyser.» Convaincue par les membres du laboratoire de recherche australien de l'intérêt d'un DEA, qui lui permettrait ensuite de revenir en thèse chez eux, Nathalie le mène donc parallèlement à sa dernière année d'école d'ingénieur. Mordue par la recherche, elle n'est pas prête à abandonner ce qui lui donne tant de satisfaction: «On crée des choses que personne n'a jamais faites en



© YANN RICHE

**Nathalie Henry**  
Chercheuse chez Microsoft Research.

collaborant avec des gens passionnants, c'est génial!» Après la modélisation de scènes en 3D pour son stage de recherche, elle finit par dégotter une thèse sur la visualisation de réseaux sociaux. «C'est un sujet très large, on pense bien sûr à Facebook, mais cela peut aussi concerner des arbres généalogiques ou des échanges d'e-mails», explique Nathalie Henry, qui a suivi son doctorat en cotutelle: avec l'Australie d'une part et, de l'autre, une équipe de recherche alliant l'INRIA à un laboratoire de l'université d'Orsay. «J'ai adoré l'ambiance et vraiment apprécié de travailler avec des chercheurs d'autres disciplines. Je me suis partagée entre l'Australie et la France, c'était le top», lâche-t-elle. Son doctorat obtenu, elle travaille à l'INRIA en tant que post-doctorante sur un projet commun avec Microsoft Research qui lui propose un poste de chercheur... qu'elle obtient. «Je m'en vais à Seattle travailler chez eux, toujours sur le projet commun avec l'INRIA. C'est un peu le rêve!» C'est surtout le fruit d'un parcours effectué avec un beau dynamisme!



**interstices.info**  
un site de culture scientifique  
multimédia créé par des chercheurs  
à destination d'un large public

Un espace de rencontre entre  
chercheurs et grand public.

# L'informatique, une science à portée de clic

Découvrir, apprendre, comprendre,  
s'interroger, se distraire, s'émerveiller.

des vidéos  
des animations  
des images  
des textes  
des jeux  
du son

algorithmes, géométrie, arithmétique, simulation des phénomènes physiques,

vision artificielle, bioinformatique, réseaux, cryptographie



Créé à l'initiative de l'INRIA, Institut national de recherche en informatique et en automatique,  
)i( se développe en partenariat avec le CNRS, Centre national de la recherche scientifique,  
les universités et l'ASTI, Association française des sciences et technologies de l'information.