


SCIENCES *Ouest*

RECHERCHE ET INNOVATION EN BRETAGNE N° 204



Les applications
du **satellite**

NOVEMBRE 2003 / 3 €

Du côté des laboratoires

● Distinction maison

Ingénieur d'études au CNRS dans l'équipe "phytoplancton océanique", dirigée par Daniel Vulot à la station biologique de Roscoff, Dominique Marie (au milieu sur la photo) a reçu le cristal du CNRS. Une distinction maison basée sur des critères d'excellence en terme de créativité, d'innovation et de maîtrise technique. Dominique Marie a en effet largement contribué au développement de méthodes de marquage de l'ADN de populations planctoniques océaniques grâce à la cytométrie en flux.



Il a notamment joué un rôle de pionnier dans l'utilisation d'un nouveau groupe de marqueurs fluorescents, plus fiable et précis, très utile pour suivre le cycle cellulaire des organismes photosynthétiques ou encore l'abondance des bactéries et des virus dont le rôle est critique dans l'écosystème océanique.

→Rens. : Cécile Yven, tél. 02 99 28 68 06, cecile.yven@dr17.cnrs.fr

● Une plate-forme de rayons X

Un appareillage de diffusion et de diffraction des rayons X a été inauguré le 8 octobre dernier à l'École nationale supérieure de chimie de Rennes (ENSCR) par la préfète de la Région Bretagne, Bernadette Malgorn. Les domaines scientifiques concernés par cette acquisition sont la chimie et la physicochimie de la matière molle et des matériaux solides, ainsi que la recherche biomédicale, comme l'activité de la plate-forme d'exploration fonctionnelle de Ouest-genopole®, par exemple. Cofinancé dans le cadre du contrat de plan État-Région par le ministère de la Recherche, le CNRS et l'ENSCR, l'équipement devrait donc favoriser le développement de nouvelles collaborations entre plusieurs laboratoires de recherche. L'étude des agrégats vecteurs non viraux/ADN dans le domaine de la thérapie cellulaire et génétique en est un exemple.

→Rens. : Xavier Bourdon, ENSCR, tél. 02 23 23 80 03, xavier.bourdon@ensc-rennes.fr

Du côté des entreprises



● La création d'entreprise a le vent en poupe

Plus de 5 400 visiteurs sont venus s'informer et présenter leurs projets aux 75 exposants et professionnels présents à la 6^e édition des journées régionales de la création d'entreprise qui s'est déroulée à Rennes les 10 et 11 octobre derniers. Événement incontournable dans le grand Ouest pour créer, développer ou reprendre une entreprise, ce salon fut également le lieu de la remise des trophées du concours Cré@ct, organisé par l'École supérieure de commerce de Rennes et la Banque de Bretagne. Le prix "Coup de cœur du jury" a ainsi été attribué à Artful, société rennaise spécialiste de l'hébergement de sites Internet ; le prix "Création d'entreprise" à Métaphore, jeune entreprise issue de l'ENSTB⁽¹⁾, spécialisée dans l'optimisation de l'outil télécom dans l'entreprise ; le prix "Développement d'entreprise" à Coriolis Composites, dans le domaine de l'automatisation de la production de pièces composites.

→Rens. : www.club-createurs35.org

Les échos de l'Ouest



● Biotech Nantes

Biotech Nantes 2003, le 7^e carrefour européen des biotechnologies, qui s'est tenu les 24, 25 et 26 septembre derniers dans la capitale ligérienne, a remporté un vif succès : plus de 4 000 participants, dont un tiers d'étrangers, étaient au rendez-vous. Parmi les temps forts, la qualité des 20 conférences scientifiques et économiques qui a été appréciée par les 1 654 inscrits ; la présence de 256 exposants, sociétés ou "bio-régions" nationales et internationales qui ont bénéficié d'un flux de visiteurs constant ; enfin la convention d'affaires, suivie par 169 entreprises, a généré plus de 1 000 rencontres individuelles. Le colloque annuel de France Biotech, le parcours jeunes diplômés/programme carrières, la première rencontre internationale

des biopôles, les "journées vitrines" de l'Inserm faisaient également partie de ce programmes très riche. Le rendez-vous est pris pour l'année prochaine à Marseille.

→Rens. : www.biotech-nantes.com

● Trophées Bret@gne collectivités



11 projets (sur les 74 déposés) ont été récompensés lors de la remise des trophées Bret@gne collectivités, le 25 septembre dernier. Créé en 2001 à l'initiative du Conseil régional de Bretagne, de France Télécom et de la Banque commerciale pour le marché de l'entreprise, ce concours a pour but de mettre en valeur les actions des collectivités locales bretonnes en faveur des nouvelles technologies, selon trois thématiques proposées : le citoyen et les Tic⁽²⁾ ; e-transformation de la collectivité ; les Tic et le développement local. Les lauréats, dont la liste est accessible sur Internet (voir ci-dessous), ont reçu PC, appareil photo numérique et webcam. De quoi continuer à mener à bien leur projet !

→Rens. : www.trophees-bretagne-collectivites.net

● La santé dans notre assiette



La Bretagne met la santé dans notre assiette, tel est le mot d'ordre mis à l'honneur lors du lancement du Programme "nutrition santé Bretagne" (PNSB), le 9 octobre dernier au Conseil régional. Les grandes lignes d'action du programme, les résultats d'une étude marketing nutritionnel des produits bretons, ainsi que les premiers produits issus de la coopération entre chercheurs et industriels ont été présentés à cette occasion ; la première pierre du PNSB ayant été la création d'un réseau associant chercheurs, centres techniques et filières agroalimentaires, animé par le Critt santé Bretagne (voir Sciences Ouest n° 194 - décembre 2002).

→Rens. : Éliane Tarral, tél. 02 23 23 45 81, crittgbm.bretagne@univ-rennes1.fr

TELECOMMUNICATIONS

Soyez Là où se crée l'innovation



Rennes Atalante
TECHNOPOLE

Soyez là où le futur se prépare, où les technologies de demain se créent.

Nous sommes là pour vous accueillir et vous accompagner dans vos activités de haute technologie.

Ils sont déjà là : France Télécom R&D, Thomson Multimédia R&D, Mitsubishi Electric R&D, Transpac/Equant, Cegetel SI, Canon Research Centre, Philips Semiconductors, Alcatel CIT, Cap Gemini Ernst & Young...

15 RUE DU CHÊNE GERMAIN ■ 35510 CESSON SÉVIGNÉ ■ FRANCE
Tél. +33 2 99 12 73 73 ■ Fax +33 2 99 12 73 74 ■ technopole@rennes-atalante.fr
Technopole de Rennes Métropole

www.rennes-atalante.fr

À lire

● **L'Ouest et les télécoms**

Les régions de la France Atlantique (Bretagne, Pays de la Loire et Poitou-Charentes) se sont associées pour faire la promotion du dynamisme et des performances de leur secteur télécom à l'occasion du "9^e Telecom World", un salon international qui s'est tenu à Genève du 12 au 18 octobre dernier. 20 entreprises, 7 laboratoires de recherche et 6 structures d'aide au développement économique, telles que Rennes Atalante, avaient ainsi fait le déplacement pour assister à cet événement d'envergure internationale. Traditionnellement terres d'accueil et d'essor des nouvelles technologies, les trois régions regroupent plus de 1 700 sites industriels et 3 000 sociétés d'ingénierie logicielle, 24 écoles d'ingénieurs et 10 universités, ainsi que 3 500 chercheurs dans le domaine des technologies de l'information. Ajoutez à cela un environnement attractif en terme de structures d'accueil, de qualité de vie et de loisirs, France Atlantique a de quoi peser dans cet univers international.

→Rens. : www.france-atlantique.org/telecom/



● **Quel avenir pour la recherche : cinquante savants s'engagent**

Sous la direction de Vincent Duclert et Alain Chatriot, Flammarion, 2003. La France a changé de siècle, mais elle ne possède plus de politique scientifique. Depuis la création du ministère de la Recherche en 1981, celui-ci a rapidement perdu son autonomie et son pouvoir en dépit d'efforts de renouveau trop brefs. Contre ce déclin programmé, cinquante savants, patrons de grands établissements et intellectuels ont choisi de démontrer que la recherche, loin d'être un domaine réservé, plonge au cœur du progrès scientifique et des interrogations sociales. Ils en appellent à un débat public et à une prise de conscience de la gravité de la situation.

● **L'énergie en Bretagne en 2002**

Cette plaquette de 4 pages réalisée par la Drire (Direction régionale de l'industrie de la recherche et de l'environnement de Bretagne) présente, sous forme de graphiques et de tableaux, les principaux chiffres de la consommation et de la production énergétiques bretonnes.

→Rens. : Drire, tél. 02 99 87 43 21, www.bretagne.drire.gouv.fr



♥ Ce "coup de cœur" est disponible à la bibliothèque Colombia (Rennes) - www.bm-rennes.fr

Internet

● **<http://iroise-parcnational.gouv.fr>**



Le site de la mission pour un parc national marin en mer d'Iroise a changé de design. Mais au-delà de cette nouvelle ambiance graphique dans les camaïeux de bleus et de l'aspect esthétique - deux panoramas avec des photos extraordinaires de Yves Gladu (cependant un peu trop petites !) -, de nouveaux services sont proposés : l'ensemble des documents de suivi du projet sont téléchargeables en format pdf et vous pourrez également vous abonner à la lettre d'informations.

Bilan Fête de la science

● **Fréquentation en hausse**

La 12^e édition de la Fête de la science a rencontré un véritable succès : 8 000 personnes sont venues sur le village de Brest durant 3 jours ; 2 000 à Lorient sur 2 jours, dont 350 scolaires et près de 16 000 personnes, dont 700 scolaires, se sont rendues sur celui de Rennes. Une fréquentation en augmentation par rapport à l'année dernière.

● **Sous le signe de l'Europe**

Axée sous le signe de l'Europe, la Fête de la science 2003 a notamment été l'occasion pour la Bretagne d'accueillir un groupe de 14 lycéens allemands, tous primés lors d'un concours visant à pousser les jeunes vers la recherche. Reçus à Rennes (visite du chantier des Champs Libres, de l'exposition Volta de l'Espace des sciences et du village des sciences rennais) et à Brest (visite du village brestois et d'Océanopolis), leur séjour en France a été organisé par Planète Science.

● **Zoom sur Rennes**

Le village rennais a été largement fréquenté par les scolaires qui ont pu, entre autres, s'initier à l'art préhistorique, découvrir les microalgues sous un microscope, appréhender l'écoulement d'une nappe d'eau souterraine à partir d'une maquette, "jouer" avec un rayon laser ou encore comprendre ce qu'est un gaz, au travers

d'expériences et de panneaux sur les méfaits de la cigarette, réalisés par "leurs collègues" : les élèves du collège des Gayeulles (à Rennes).

● **Inauguration**

L'inauguration a eu lieu le vendredi en présence de Sylvie Robert, maire adjointe, élue à la culture et de Paul Trehen, président de l'Espace des sciences, Louis Bertel, directeur régional de la Recherche et des Nouvelles technologies, Alain Marchal, délégué régional du CNRS et de Marc Debène, recteur de l'Académie de Rennes. Elle a été accompagnée de deux temps forts : la signature d'une convention entre le CNRS et l'Académie de Rennes visant à renforcer les relations entre l'ensemble de la communauté éducative et le monde de la recherche, d'une part ; la remise du prix de la vocation féminine de la recherche, d'autre part.

● **Conférences**

À deux pas du village, les salons de l'hôtel de ville ont également accueilli deux conférences : l'une sur les actions de l'Europe en faveur de la recherche en Bretagne, présentée par Béatrice Vialé, et l'autre sur l'alimentation au cœur de la société, animée par les étudiants de l'IUP Génie biologique de l'Université de Rennes 1.

Un programme riche et bien suivi !

● **Surveillance planétaire de la sûreté environnementale**

Dans le cadre de la stratégie de l'Union européenne en faveur du développement durable, un système européen va être mis en place pour la surveillance planétaire de la sûreté environnementale (Gmes - Global Monitoring for Environment and Security) d'ici à 2008. Cette initiative de la Commission européenne et de l'Agence européenne pour l'espace (ESA) est née de la nécessité d'une meilleure organisation de la collecte et de l'interprétation des données, en vue de produire une information objective, précise et pertinente pour guider la prise de décision de différents acteurs sur les questions de sûreté environnementale.

Le plan propose une approche combinant les ressources offertes par les systèmes d'observation terrestres, marins et spatiaux pour la collecte de données à l'échelle planétaire, régionale et locale, et encourage le dialogue entre fournisseurs et utilisateurs de l'information afin de répondre aux besoins réels de la société. L'objectif étant de mettre en place un système européen d'échange de données cohérent, axé sur l'utilisateur, qui puisse fournir les informations nécessaires à la formulation d'une politique à long terme, tout en permettant une réaction rapide aux catastrophes naturelles et aux conflits.

→Rens. : Euro Info Centre, tél. 02 99 25 41 57, eic@bretagne.cci.fr



ERRATUM

Deux erreurs se sont glissées dans la liste des unités CNRS dans l'Ouest présentée dans le numéro d'octobre de *Sciences Ouest* : page 21, ligne 10, Françoise Gourmelon dirige l'UMR 6554 dont l'intitulé est LETG pour Littoral, environnement, télédétection, géomatique. Et, page 21, ligne 23, le directeur de l'UMR 6135 est Mikhaïl Indenbom.

QUI A DIT ?

"Au-delà de l'outil, et à travers lui, c'est la vieille nature que nous retrouvons, celle du jardinier, du navigateur ou du poète."

Réponse page 21



Un Gis "Institut de la génomique marine"

Sciences Ouest vous l'avait annoncé dans son numéro spécial Génopole en mars 2002 : la Bretagne serait à la base d'une structuration dans le domaine de la génomique marine. C'est chose faite : le réseau régional Génomer (initié en 1999 dans le cadre du plan État-Région) a mûri, ce qui s'est traduit par la création du Groupement d'intérêt scientifique (Gis) : Institut de la génomique marine, le 9 juillet dernier, par le ministère délégué à la Recherche et aux Nouvelles technologies. Une organisation très attendue et immédiatement sollicitée par la communauté scientifique européenne pour créer le réseau européen d'excellence en génomique marine, qui implique d'ores et déjà 43 établissements et instituts dans 15 pays. Claudie Haigneré, ministre chargée de la Recherche et des Nouvelles technologies, n'a pas manqué de féliciter les porteurs du projet qui "confortent la prééminence de la France dans un domaine de recherche essentiel et réellement stratégique pour notre avenir", et en particulier Bernard Kloareg, directeur d'une UMR à la station biologique de Roscoff, nommé directeur du Gis "Institut de la génomique marine". ■

Contact → Bernard Kloareg, tél. 02 98 29 23 30, kloareg@sb-roscoff.fr

De la Génopole Ouest à Ouest-genopole®



Ouest-genopole® a acquis son identité définitive depuis septembre dernier. Un nouveau nom qui s'accompagne d'une ligne graphique et de supports de communication : 11 fiches synthétiques présentent en un coup d'œil les activités, les équipements, l'organisme porteur, le personnel dédié et les règles d'accessibilité des cinq plates-formes.

Un nom de domaine a également été déposé et le site Web actuellement en construction sur <http://www.sb-roscoff.fr/GPO/> sera très prochainement transféré à l'adresse suivante : <http://www.ouest-genopole.org> ■

Contact → Jocelyne Le Seyec, coordination et animation de Ouest-genopole®, tél. 02 23 23 45 81, jocelyne.leseyec@univ-rennes1.fr

Ouest-genopole®



Génomomes mutants

Les spécialistes du séquençage et du génotypage se sont réunis le 3 octobre dernier à la station Inra du Rheu, dans le cadre des journées d'animation de Ouest-genopole®. L'objet de la réunion : faire le point sur les techniques d'analyse haut débit, utilisées pour l'étude du polymorphisme⁽¹⁾ des génomes.

→ Outre l'aspect de mise au point et de mise à disposition d'outils technologiques très pointus, les plates-formes de Ouest-genopole® ont aussi un rôle d'animation. La demi-journée du 3 octobre était plus particulièrement axée sur les techniques d'analyse de mutations ponctuelles, désignées sous le terme de SNP (pour Single Nucleotide Polymorphism).

"Les SNP mettent en évidence la variation moléculaire du génome - le polymorphisme - et en particulier, pour ce qui nous concerne, les variations moléculaires des gènes impliqués dans des maladies génétiques, explique Claude Férec, professeur en génétique humaine à



VINCENT FERRER

l'Insem à Brest. Mais s'intéresser à la variabilité du génome peut aussi être utile pour comprendre l'histoire de la population humaine - suivi des mutations sur le chromosome Y chez l'homme et sur l'ADN mitochondrial chez la femme - ou pour toute autre analyse génétique, comme en médecine légale, par exemple."

L'accès à cette variabilité génétique date des années 1995-96, avec les progrès du séquençage et le décryptage du génome humain. Des SNP sont identifiés, très abondants, mais aussi très stables. Des cartes de SNP sont alors établies et servent de marqueurs pour cartographier les gènes de certaines maladies comme le diabète, la maladie d'Alzheimer, des problèmes de pression artérielle ou encore des maladies psychiatriques.

"Les SNP constituent une véritable aubaine pour nous les généticiens, pour étudier les maladies génétiques complexes, c'est-à-dire dues à plusieurs gènes. Nous sommes dans une situation extraordinaire !", poursuit Claude Férec. La seule limite que nous rencontrons, en génétique humaine, est le nombre d'échantillons à comparer : quand nous avons 500 patients, c'est déjà énorme", explique-t-il.

Le secteur de la santé est pour l'instant le principal utilisateur des SNP ; "ce qui n'empêche pas les secteurs mer et agronomie de ne pas être intéressés", précise Erwan Corre, le responsable de la plate-forme séquençage - génotypage. ■ N.B.

⁽¹⁾ Grande variabilité.

Contact → Claude Férec, Inserm Brest, tél. 02 98 44 50 64, claud.ferec@univ-brest.fr

L'actualité de la plate-forme séquençage - génotypage

→ La plate-forme séquençage - génotypage est une des cinq plates-formes de Ouest-genopole®⁽¹⁾. Ses activités se répartissent sur deux sites : à la station biologique de Roscoff pour ce qui est du séquençage (identification des séquences correspondant à un gène) et de l'analyse des SNP (voir texte ci-dessus) et à la station Inra du Rheu pour le génotypage (détermination de l'ensemble des gènes contenus dans le génome d'une espèce).



VINCENT FERRER

"Crée il y a maintenant un an et demi, on peut dire qu'elle fonctionne réellement depuis un an", explique Erwan Corre, son responsable. L'occasion de faire le point, de tirer un premier bilan.

Comme toutes les autres, la plate-forme est disponible à 50 %

pour l'équipe responsable et ouverte à 50 % pour l'ensemble des acteurs de Ouest-genopole®. "Chacun vient sur place réaliser ses propres manipulations, mais l'équipe plate-forme est bien sûr là pour encadrer et conseiller, précise Erwan Corre. Nous avons mis au point les protocoles ; nous pouvons donc orienter les utilisateurs, comme pour ce qui est de l'achat des consommables, par exemple." Près de 30 personnes ont déjà été accueillies et formées sur la plate-forme séquençage, ce qui correspond à 16 projets (initiés ou terminés) et à 40 000 séquences produites ! Pour la partie génotypage, 20 personnes ont été reçues, soit 15 projets. "Le taux d'utilisation de la plate-forme ne cesse d'augmenter et les projets qu'elle sert sont impliqués dans des programmes nationaux comme Génoplante ou Institut de

génomique marine, et européens, comme « Marine Genomics » du 6^e PCRD."

Après ce bilan très positif, les perspectives de la plate-forme consistent, d'une part, à acquérir de nouveaux équipements et, d'autre part, à faire baisser le prix des séquences produites.

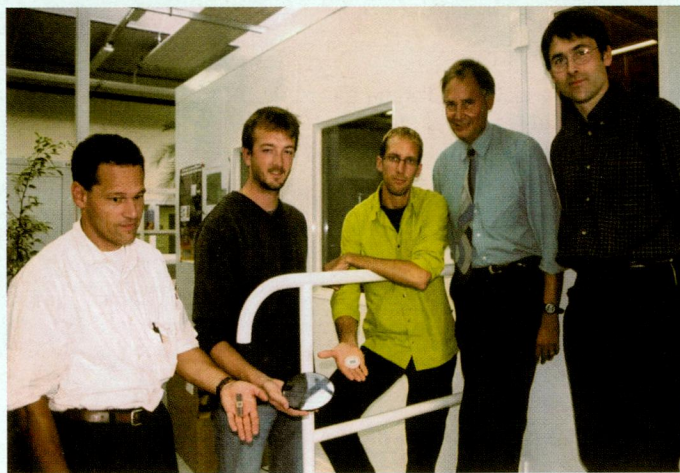
Et pour faire encore mieux, une réflexion sur une démarche qualité va également être prochainement lancée. ■ N.B.

⁽¹⁾ Les 5 plates-formes de Ouest-genopole® sont : génotypage - séquençage ; puces à ADN, protéome, exploration fonctionnelle et bio-informatique (voir Sciences Ouest n° 186 - mars 2002).

Contact → Erwan Corre, responsable de la plate-forme séquençage - génotypage, tél. 02 98 29 23 29, corre@sb-roscoff.fr, www.sb-roscoff.fr/SG

Les toutes premières biopuces à cellules seront-elles bretonnes ?

Dans notre numéro de novembre 2002⁽¹⁾, nous avons présenté le programme "biopuces à cellules" lancé par l'équipe Biomis de l'antenne bretonne de l'ENS Cachan, avec l'unité Inserm 522 et STMMicroelectronics comme partenaires. Un an après, où en sont-ils de leur programme ? La menace de fermeture du site rennais de STM peut-elle hypothéquer la réussite finale : la mise sur le marché mondial des toutes premières biopuces cellulaires ?



De gauche à droite : Pierre-Henri Le Goïc (STM), Matthieu Denoual (Biomis) et Laurent Griscom (Biomis), Jean-Luc Barois (STM) et Bruno Le Pioufle (Biomis), devant la salle blanche, avec leurs prototypes.

→ Les biopuces sont, par analogie avec les puces électroniques, des petits composants (quelques cm²) sur lesquels on range des milliers d'éléments biologiques, des gènes, des protéines, et, dans le cas du programme de Biomis et de ses partenaires, des cellules vivantes. La finalité : optimiser le taux d'insertion des gènes dans les cellules dans les opérations de transgénése. "L'an dernier à la même époque, nous testions la viabilité des toutes premières cellules de foie sur nos supports silicium", rappelle Jean-Luc Barois, responsable du projet à STM. Nous travaillons habituellement sur des circuits électroniques miniatures sur plusieurs épaisseurs. Dans le cas des biopuces, nous devons intégrer la présence d'un milieu liquide dans les

puits destinés à accueillir les cellules." Une dizaine de personnes chez STM dont un ingénieur Pierre-Henri Le Goïc et un chercheur en thèse de l'ENS, Damien Jeanjean, ont travaillé sur les programmes pilotant les robots des chaînes de production. "Tout compte : la profondeur, la forme et les dimensions des puits. Ça peut aller de 10 à 100 µm." "Nous avançons en nous ajustant constamment avec STM", poursuit Bruno Le Pioufle. Nous avons une idée, nous la testons sur un prototype ici à Biomis, et nous la proposons à STM qui essaie d'intégrer la fabrication sur une ligne de production : à partir de ce prototype, une série est produite, que nous envoyons à l'Inserm. Actuellement, nous avons plusieurs dizaines de biopuces dans le laboratoire de Christiane

Guillouzo, qui dirige l'unité 522. Les biologistes nous diront comment les cellules se comportent sur les différents prototypes."

Le consortium (Biomis, unité 522, STM) est d'ores et déjà capable de produire des biopuces nues. Mais son ambition est de fournir des produits clés en main. Des biopuces intégrant de la microfluidique et de la microélectronique pour différentes applications. La microfluidique permettra, par exemple, de tester des produits chimiques. La microélectronique peut permettre de capter les modifications fonctionnelles des cellules. "Les biopuces pourront fonctionner comme des laboratoires miniatures, chaque cellule ou chaque groupe de cellules des 2 ou 3 000 puits subissant exactement la

même expérience, dans le même temps." Gain de temps et gain de matière puisque les puces fonctionnent avec des nanolitres (milliardième de litre) de produits.

"On peut être les premiers"

"Il nous reste quelques mois pour finir la mise au point de prototypes commercialement viables, affirme Jean-Luc Barois. Et c'est là que le bât blesse. Avec la fermeture annoncée du site rennais de STM, le projet pourrait prendre plusieurs mois de retard. "Et plusieurs mois de retard dans ce domaine, ça veut dire que les Américains ou les Suisses vont passer devant nous, poursuit Bruno Le Pioufle. Les scientifiques partenaires du projet hésitent entre incrédulité et colère. "On peut être les premiers sur un marché porteur, mais il faut qu'on puisse continuer ! S'il faut recommencer avec un autre site, la concurrence internationale posera les premiers brevets."

"En plus, assurent Jean-Luc Barois et Pierre-Henri Le Goïc, STM a d'autres projets de recherche et développement en cours, par exemple avec le CITRennes de l'Université de Rennes 1. Nous avons un potentiel en microsystèmes dont pourraient bénéficier les scientifiques et les entreprises de la région. Il ne faut pas le laisser partir."

L'électronique bretonne est malade, Thomson, Philips s'effacent du paysage. STM va-t-il suivre dans sa totalité alors que la demande des scientifiques en microsystèmes va se faire de plus en plus pressante, notamment dans les domaines de la santé, de la biologie, de la chimie et de l'environnement ? Faudra-t-il aller chercher à Grenoble ou à Milan ce qu'on avait chez nous... ? ■ C.J.

⁽¹⁾ Sciences Ouest n° 193, page 7.

Dans la salle blanche de Biomis à l'ENS Cachan.



Laurent Griscom et Matthieu Denoual, prêts pour une manipulation d'insolation aux UV des disques de silicium.



Laurent Griscom montrant un cache utilisé lors de l'insolation aux UV.

Matthieu Denoual tient un moule en résine qui sert à la fabrication de biopuces en matériaux polymères.



Contacts → Bruno Le Pioufle, Biomis, tél. 02 99 05 52 68, pioufle@bretagne.ens-cachan.fr ; Jean-Luc Barois, STMMicroelectronics, tél. 02 99 26 48 00, jean-luc.barois@st.com, Christiane Guillouzo, Inserm U 522, tél. 02 99 54 37 37, christiane.guillouzo@rennes.inserm.fr



Médecins de mer

Réduire une fracture sur une plate-forme pétrolière, rassurer l'organisation des secours lors d'une catastrophe maritime, conseiller par liaison satellite le patron d'un chalutier dont un des marins vient de se couper la langue... La vocation des médecins de la mer est d'améliorer les conditions dans lesquelles vit et travaille le personnel embarqué. À Brest, un diplôme d'université (DU) les y prépare depuis 1998. Et depuis 2001, la Société française de médecine maritime (SFMM) œuvre pour la diffusion des savoirs dans ce domaine.



→ Le professeur Jean-Dominique Dewitte est un médecin à plusieurs casquettes. Chef de service universitaire de santé

au travail et de pathologies professionnelles au CHU Morvan de Brest, il est également en charge du service universitaire de médecine de prévention et de promotion de la santé à l'Université de Bretagne occidentale. Enfin, il est responsable de la formation du DU de médecine maritime qu'il a contribué à créer, en 1998. "Ce nouveau diplôme répondait à un réel besoin, explique-t-il. En

effet, pour qu'un médecin soit autorisé à embarquer sur un bateau, la réglementation exigeait qu'il soit titulaire d'un brevet de médecine maritime. Or la formation qui préparait à ce brevet n'était plus dispensée depuis 1991. Il fallait donc remédier à cette situation."

Cette formation se veut toutefois plus généraliste que le fameux brevet, ouverte à la culture maritime au sens le plus large. C'est pourquoi elle comprend un module lié à la mer et à ses usages : voile sportive, plongée, sécurité et salubrité des milieux littoraux... Ce qui ne l'empêche pas d'aborder les questions des conditions de travail à bord, de pathologies professionnelles spéci-

fiques liées au bruit, à l'ergonomie des postes de travail ou à l'amiante encore trop présente à bord des bateaux. Y sont également abordées les questions réglementaires et administratives autour du système de santé des gens de mer, différent du système de santé "classique", ou encore l'assistance médicale embarquée et les soins à distance. "La télé-médecine a énormément évolué, témoigne Jean-Dominique Dewitte, on peut maintenant installer des webcams pour montrer une blessure survenue à bord, ou encore faire un électroencéphalogramme et l'envoyer par liaison satellite au médecin !"

Les personnes intéressées par ce diplôme sont bien sûr les médecins des gens de mer ("médecins du travail" chez les marins) qui exercent dans les bureaux des affaires maritimes. Une profession jusqu'à présent réservée aux seuls médecins militaires et depuis peu ouverte aux civils. On y trouve également des professionnels souhaitant exercer à bord d'une plate-forme off-shore, d'un ferry ou d'un navire de croisière. "Ils doivent organiser l'infirmier et apprendre à travailler, parfois à opérer, avec des moyens relativement limités. Mais ils ont également pour rôle d'organiser les secours en cas de catastrophe maritime", précise Jean-Dominique Dewitte. Enfin, cette formation s'adresse aussi à tous les médecins exerçant près du littoral, qui sont amenés à rencontrer les pathologies liées à ce milieu.

Enfin, comme les autres domaines de la médecine, celui qui s'adresse au domaine maritime a lui aussi son volet "recherche" qui a trait à tout ce qui peut améliorer la sécurité des personnes embarquées. Il ne s'agit pas seulement d'optimiser l'efficacité du protocole de secours quand survient l'accident.

La recherche comme alliée

La sécurité maritime, c'est aussi un travail de prévention à long terme, qui se fait bien avant que n'arrive le danger. Lors de l'élaboration des critères d'aptitude à l'exercice de plongeur professionnel, par exemple, ou par des travaux de recherche sur la vigilance en mer. En effet, "même si elles sont faites au niveau international, les lois s'appuient sur des publications médicales", insiste Jean-Dominique Dewitte. D'où l'intérêt d'œuvrer pour la diffusion du savoir dans ce domaine. C'est le but poursuivi par l'équipe du DU de médecine maritime, quand elle a créé en 2001 la Société française de médecine maritime (SFMM). ■ M.L.

DIFFUSER LES CONNAISSANCES EN MÉDECINE MARITIME

Le deuxième colloque Mer et Santé, organisé par la Société française de médecine maritime (SFMM), s'est tenu à l'Ifremer de Brest les 25 et 26 septembre derniers. L'occasion pour les professionnels de la santé de réfléchir ensemble autour de thèmes comme la catastrophe maritime et la prise en charge des blessés, l'assistance médicale en mer, ou encore l'impact de la pollution maritime sur la santé des personnes. Le colloque s'est terminé par une après-midi dédiée à l'histoire de la médecine maritime. Prochaine édition en 2005. ■

Contact → Jean-Dominique Dewitte,
tél. 02 98 22 35 09,
jean-dominique.dewitte@chu-brest.fr
Site officiel de la Société française
de médecine maritime :
www.mersante.com



La Terre vue du ciel

Les applications du **satellite** et autres engins de télédétection

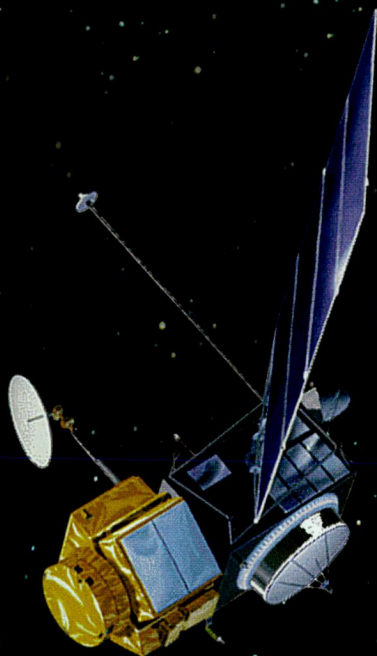
Sciences Ouest s'est inspiré ce mois-ci des rencontres "Espace et société" organisées à l'initiative du ministère délégué à la Recherche et aux Nouvelles technologies qui ont eu lieu cet été à Rennes. Et comme le souligne Louis Bertel, le directeur régional à la Recherche et à la Technologie en Bretagne, dès le début du dossier : *"L'habitude qu'on a maintenant des satellites fait qu'on en oublie les progrès technologiques réalisés."*

Le terme de télédétection, aussi, n'est pas forcément bien compris : surtout connu depuis 1986, date du lancement de Spot, il reste souvent associé au satellite. Or si on l'explicite vraiment, il décrit tout type de détection à distance ! C'est pour cela et pour montrer qu'une image satellite n'a pas pour seul devenir de se retrouver à la fin du journal de 20 h, à la présentation de la météo, que nous présentons ici certaines utilisations qui en sont faites par les scientifiques en Bretagne.

Tantôt bien calibrés et utilisés en routine, tantôt trop complexes et difficiles à exploiter, tantôt à la pointe au niveau mondial ou trop en avance sur leur temps, les images satellites et les outils qui en sont issus réservent bien des surprises !

C'est avec des géographes, des pêcheurs, des océanographes, mais aussi avec des agronomes, ou des spécialistes de la télédétection, de l'électronique et des télécommunications, que nous proposons de découvrir, une fois de plus, la grande richesse des compétences scientifiques et techniques bretonnes. ■

N.B.



Les rencontres "Espace et société"

Mettre l'espace au service de la société, tel était l'objectif du ministère délégué à la Recherche et aux Nouvelles technologies quand il mit en place, en 1998, les rencontres "Espace et société". Organisées en étroite collaboration avec le Centre national d'études spatiales (Cnes) et I-space (voir encadré), ces rencontres ont déjà abordé des thèmes tels que : agriculture et forêt, la métrique des sols, les services pour les mobiles, la gestion de l'eau et l'hydrologie, les risques naturels, la santé et l'action humanitaire et sociale, l'éducation et la connaissance et l'utilisation de l'océan.

Sciences Ouest : Vous êtes donc à l'origine de l'organisation de la journée du 3 juillet dernier à Rennes, sur le campus de l'Université de Rennes 1 ?

Louis Bertel, délégué régional à la Recherche et à la Technologie en Bretagne : Oui. Ayant travaillé assez longtemps sur l'amélioration du positionnement des satellites et sur les problématiques

de réception au sol, j'étais très attiré par ces rencontres que je souhaitais absolument accueillir à Rennes. Et puis nous sommes tellement habitués maintenant à vivre avec les satellites qu'on oublie trop que les technologies évoluent et qu'elles génèrent de nouvelles possibilités. Je suis persuadé qu'il faut toujours réfléchir, lorsque de nouvelles technologies se mettent en place, au fait que la société se les approprie.

S.O. : Quel bilan tirez-vous de ces rencontres ?

L.B. : La manifestation avait pour but d'instaurer un véritable échange entre les concepteurs et les utilisateurs potentiels de satellites, et je crois que cela a très bien fonctionné : plus de soixante spécialistes se sont déplacés et les présentations étaient de très bonne qualité. J'y ai découvert des applica-

tions importantes et très originales dans le domaine marin, que ce soit en océanographie, avec l'Ifremer et Boost Technologies ou dans le secteur de la pêche, avec Chevannes. Parmi les projets, de très belles choses ont également été présentées en télémédecine ou en télé-détection (voir ci-contre).

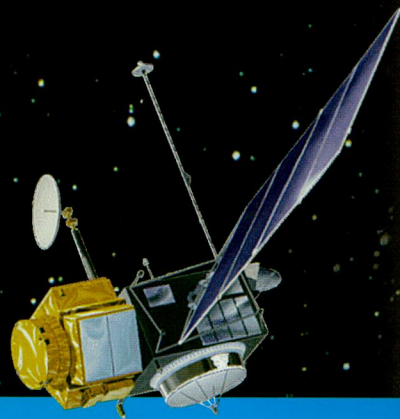
S.O. : La Bretagne a-t-elle un rôle particulier à jouer sur ce thème ?

L.B. : L'Institut d'électronique et de télécommunications de Rennes (IETR⁽¹⁾) a développé des compétences reconnues à l'international. Il a collaboré avec les plus grands : Alcatel espace, le Cnes, Dassault électronique en ce qui concerne la localisation et l'équipe d'Éric Pottier est leader dans le domaine de la polarimétrie. Le Celar⁽²⁾, basé à Bruz (35), a aussi une réelle expertise technique dans ce domaine. Autre aspect : le haut débit par satellite. Ce n'est bien sûr pas spécifique à la Bretagne, mais son développement pourrait bien être favorisé dans la région par la préexistence d'une infrastructure telle que Mégalis⁽³⁾. Enfin, tout ce qui touche aux satellites est lié aux télécommunications qui restent une priorité pour la région. ■

⁽¹⁾ IETR : unité associée au CNRS et fédérant des équipes de l'Université de Rennes 1 et de l'Insa de Rennes.

⁽²⁾ Celar : Centre d'électronique de l'armement.

⁽³⁾ Mégalis : réseau breton haut débit.



I-SPACE

L'association pour l'innovation, la promotion et le développement des utilisations de l'espace, I-space, est un club rassemblant les fournisseurs et les utilisateurs, actuels ou potentiels, d'applications et de services spatiaux. Par ses activités, I-space cherche à améliorer l'efficacité et l'économie de produits ou services existants, à en créer de nouveaux et à développer l'activité économique liée à l'utilisation des infrastructures spatiales. Les membres de l'association peuvent être des entreprises industrielles (PME, PMI, grands groupes), des institutionnels, des accompagnateurs économiques, des individus. ■

Contact → I-space, tél. 01 44 76 74 00, <http://www.i-space.cnes.fr>

LE SATELLITE AU SERVICE DE TOUS

Christophe Mathieu, directeur du département espace et aéronautique au ministère, a rappelé à l'ouverture de la journée "Espace et société" : "Aujourd'hui, les applications spatiales ont acquis une grande maturité et la richesse de leurs potentialités permet de prendre conscience qu'elles doivent pouvoir être utilisées dans tous les secteurs d'activité y compris par les services publics. Le secteur spatial est apparu quelque peu bousculé ces derniers temps, les décisions prises tant à propos des lanceurs que de la mise en route du programme européen de positionnement par satellite, Galileo, doivent permettre de rester optimiste. Ce secteur représente un capital humain et technique considérable en France qui doit continuer de répondre aux grands enjeux stratégiques et économiques qu'il représente." ■

TÉLÉSERVICES : LE SATELLITE POUR SORTIR DE LA MAISON

Le produit de téléassistance développé par AphyCare Technologies, jeune société issue de l'Ensatt à Lannion, est unique : un simple bracelet permet de surveiller, notamment chez les personnes âgées, les paramètres vitaux (rythme cardiaque, respiratoire...) ainsi que les chutes et, c'est là la nouveauté, se déclenche automatiquement en cas de problèmes. "Le système est pour l'instant en cours d'expérimentation, explique Stéphane Bruno. Il est relié à une boîte elle-même reliée au réseau téléphonique, ce qui oblige à rester dans un périmètre restreint tel que celui de la maison. Le satellite permettrait d'en sortir et d'envisager d'autres applications comme le suivi lors de randonnées." ■

Contact → Stéphane Bruno, tél. 02 96 48 41 39, stephane.bruno@aphycare.com

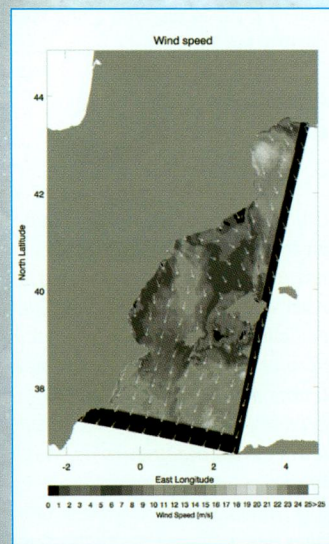


Satellite radar

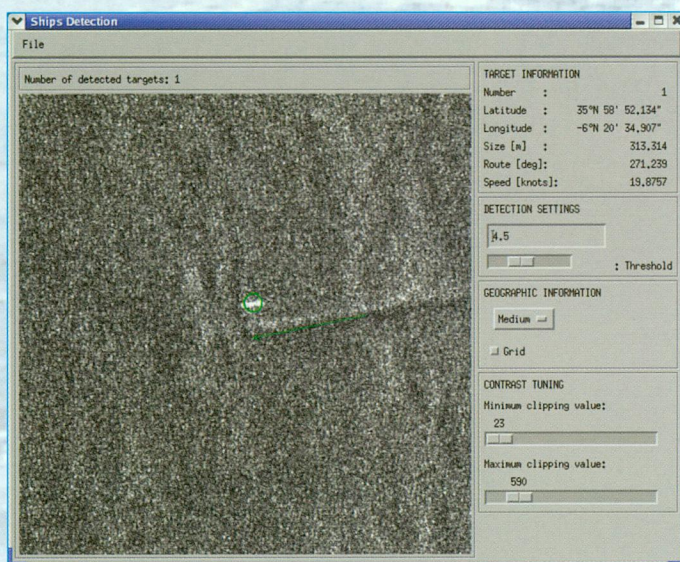
La mer en point de mire

Deux types de satellites peuvent être distingués. Les plus connus sont les satellites "optiques" qui nous fournissent, telle une photographie, une image d'une région. Les seconds utilisent la technologie "radar" et renvoient des images bien plus riches d'informations. La société Boost Technologies basée à Brest est le leader français pour l'exploitation de telles données.

→ Tous les soirs, les prévisions météorologiques télévisées nous donnent à voir de belles images fournies par des satellites utilisant des systèmes "optiques", qui ne permettent pas de voir ce qui se passe sous les nuages... Aucune importance pour les prévisions météorologiques du journal télévisé ! En revanche, pour ce qui est de l'observation de



Seule l'imagerie satellite radar haute résolution (SAR) est en mesure aujourd'hui de mesurer le vent en zone côtière avec une résolution spatiale de 500 m, atout décisif compte tenu de la très forte variabilité spatiale du vent au voisinage des terres. La connaissance précise et immédiate du vent est une source d'information capitale qui permet d'estimer la dérive de la pollution. Ce champ de vent a pu être mesuré au large de la côte de l'Espagne à partir d'une image SAR du satellite européen Envisat.



Pour des observations locales, il est possible d'atteindre des résolutions de l'ordre de la dizaine de mètres en imagerie satellite radar. Cette configuration permet alors d'observer non seulement la position du navire, mais également d'obtenir une idée précise de sa taille. Par ailleurs, lorsque le sillage est observable, il devient même possible de déterminer la route et la vitesse du navire ce que ne permet pas l'imagerie optique traditionnelle telle que Spot.

l'environnement et de l'océan en particulier, cela présente de très grands inconvénients. Les jours nuageux, il est quasiment impossible d'exploiter les images satellites tant elles présentent de zones "masquées" or, (dit-on) la Bretagne est une région plutôt nuageuse...

La parade à ces inconvénients existe et porte principalement le nom de SAR⁽¹⁾, une technologie radar embarquée sur un satellite.

La sentinelle de la mer

Vincent Kerbaol a effectué sa thèse de doctorat à l'Ifremer⁽²⁾ et est un ancien maître de conférences de l'ENST⁽³⁾ Bretagne. Il fait aujourd'hui profiter sa société Boost Technologies de cette double compétence en télécommunications et en sciences de la mer. Un savoir-faire et une expertise uniques en France. La société a développé un logiciel⁽⁴⁾ permettant de traiter les données recueillies à partir d'une image radar haute définition. Et les résultats sont impressionnants ! Il est possible d'obtenir des informations sur le vent, les vagues, les courants, les phénomènes océanographiques et atmosphériques, sur les bateaux (taille, sens de déplacement et vitesse) et les pollutions.

Le radar permet de passer outre les contraintes météorologiques et de "voir" à travers la couche nuageuse. La haute définition permet quant à elle, par exemple, de mesurer la taille d'un navire. On perçoit immédiatement les débouchés pour ce qui est de la détection des pollutions. En croisant ces données avec celles des balises qui seront bientôt obligatoires sur chaque navire, il sera aisé d'identifier les responsables des "dégazages" en pleine mer. Certains navires ont bien compris qu'ils étaient observés et se sont déjà munis des horaires de passage des satellites... pour mieux les éviter.

Ne pas rater le coche

Pour autant, il deviendra de plus en plus difficile de passer entre les mailles du filet tendu par ces sentinelles de l'espace. En effet, d'ici deux ans, pas moins de cinq satellites SAR seront mis en place, ce qui aura pour conséquence une couverture quasi permanente de chaque région du globe. Pour exploiter ces outils, il est primordial d'avoir une station d'acquisition des données. Aujourd'hui, les quelques images exploitées proviennent principalement d'une station italienne, coûtent



Dégazage (environ 30 km) observé par imagerie SAR du satellite européen Envisat au large des côtes portugaises. Le navire pollueur (cercle vert) est ici parfaitement localisé. Un recoupement avec les futurs systèmes d'identification automatique des navires (AIS) permettra de déterminer précisément l'identité des fautifs.

cher et sont fournies avec un délai relativement long. Une situation qu'espère faire évoluer Vincent Kerbaol : "La France ne dispose pas aujourd'hui de satellite radar haute définition, elle ne dispose pas même de station d'acquisition pour recevoir les données des satellites en fonction actuellement ! C'est une situation qu'ont du mal à comprendre nos collègues étrangers. Au Canada ou en Norvège, par exemple, le SAR est utilisé régulièrement. La Norvège dispose de deux stations d'acquisition, dont une couvre jusqu'à nos régions. L'établissement d'une station située en Bretagne permettrait de couvrir parfaitement une zone intéressante pour la France, de la Norvège au Maroc."

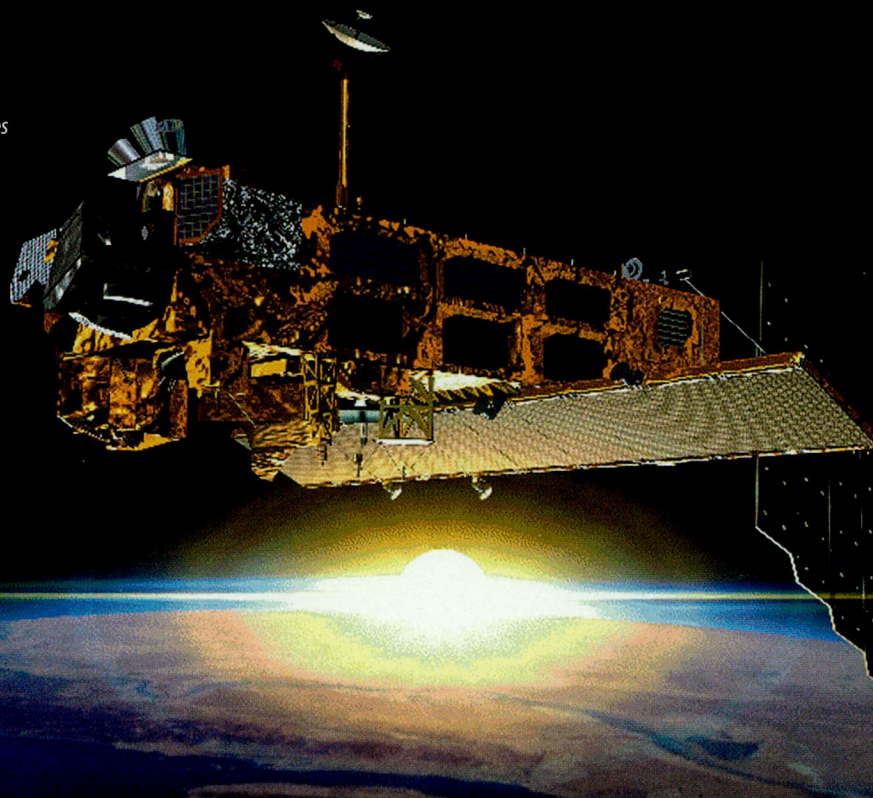
Mais que se passerait-il si une station se construisait avant en Grande-Bretagne ? La pertinence d'une station bretonne serait alors très discutable et laisserait un goût amer. D'autant plus que les compétences sont déjà présentes sur place, que le montage d'une station de ce type ne dure que quelques mois, produit des résultats exploitables immédiatement et procure une autonomie vis-à-vis des autres pays. ■ V.D.

⁽¹⁾ Synthetic Aperture Radar.
⁽²⁾ Institut français pour la recherche et l'exploitation de la mer.
⁽³⁾ Ecole nationale supérieure des télécommunications.
⁽⁴⁾ Le logiciel SarTool.

Contact → Vincent Kerbaol,
 tél. 02 29 00 23 02,
 vincent.kerbaol@boost-technologies.com



Le satellite européen Envisat
récolte les données polarimétriques
depuis février 2002.



Des radars deuxième génération

L'équipe Saphir du groupe images et télédétection, dirigée par Éric Pottier à l'Institut d'électronique et de télécommunications de Rennes (IETR), a ouvert un champ très particulier de recherche, et pour lequel elle est mondialement reconnue : le développement d'une nouvelle génération de radars (les radars polarimétriques) qui, embarqués dans des satellites, s'avèrent être très efficaces dans le domaine de la télédétection de l'environnement terrestre. Embarquement immédiat.

→ Il le suit à la trace et l'a même en poster dans son bureau. Et pour cause : mis en orbite en février 2002, le satellite européen Envisat est le seul au monde à avoir, enfin, à son bord un radar polarimétrique, sujet de ses recherches. "Les images radar n'ont rien à voir avec les images optiques⁽¹⁾ ou même hyperspectrales⁽²⁾, prises par des satellites tels que Spot, par exemple", commence Éric Pottier, professeur et directeur de l'équipe Saphir (SAR Polarimétrie Holographie Interférométrie Radargrammétrie) du groupe images et télédétection à l'IETR.

Les satellites comme Spot fonctionnent en effet avec le Soleil comme source de lumière. Ils sont donc sensibles aux conditions d'illumination (jour/nuit) et d'observation (couverture nuageuse, pluie, brouillard). On parle de télédétection passive. Le principe du radar

est différent : il est basé sur l'émission et la réception d'ondes électromagnétiques, efficaces en tout temps et apporte surtout des renseignements très différents.

Rien de révolutionnaire jusque-là, sauf si l'on entre un peu plus dans les détails : Éric Pottier et son équipe ont en effet mis au point une nouvelle génération de traitement des images radar qui leur vaut une reconnaissance et des sollicitations

au niveau mondial. Multifréquences et multipolarisations, ces outils remarquables permettent de caractériser très précisément les interactions de l'onde électromagnétique avec la surface terrestre et donc de pouvoir remonter jusqu'aux paramètres biophysiques et géophysiques de l'environnement. Exemples : hauteur et densité de la couche de neige, diamètre des particules de glace et teneur en eau liquide, pour ce qui est des paysages enneigés ; dimensions, orientation, taux d'humidité ou densité, pour ce qui est des végétaux ; rugosité et humidité des champs agricoles, ou encore paramètres de zones urbaines...

Testés au départ dans des systèmes aéroportés, les radars sont ensuite destinés à être embarqués à bord d'un satellite, où ils permettent

un suivi global de la planète (résolution : 1 pixel correspond à une zone de 10 m sur 5 m).

Problème d'interprétation

"Nous apportons une interprétation sur les modifications d'une onde électromagnétique par un milieu naturel, sans pouvoir toujours les relier aux caractéristiques physiques de l'environnement observé ! Nous avons besoin pour cela des compétences des utilisateurs comme les forestiers, les géographes, les agriculteurs ou les ingénieurs de Météo France", poursuit Éric Pottier. Et c'est tout l'enjeu de ces recherches : fabriquer des outils qui permettent une aide à l'interprétation des résultats. "Nous ne faisons pas de traitement d'images, mais du traitement de signal électromagnétique bidimensionnel !", précise-t-il en souriant.

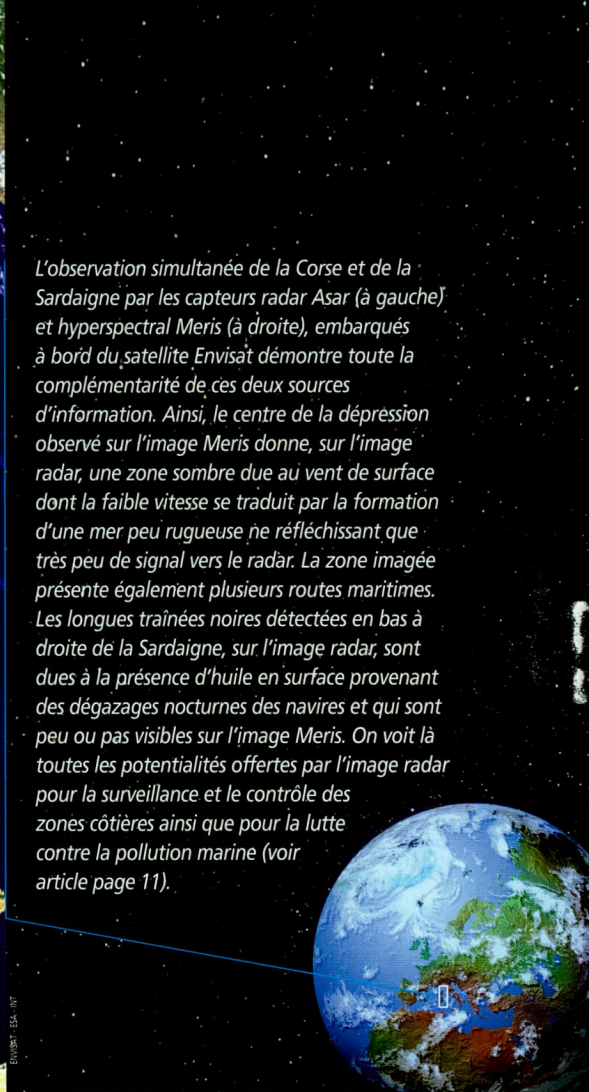
Et les efforts commencent à payer : depuis sa thèse, soutenue en 1990 sur la polarimétrie radar, du chemin a été parcouru. Si la première image polarimétrique aéroportée date de 1988 aux États-Unis, "la révolution a vraiment eu lieu en 1994 avec la première image radar polarimétrique spatiale, prise par le

OUTIL EN LIBRE-SERVICE

Le logiciel PolSARpro, gratuit et téléchargeable (www.polsarpro.ietr.org), a été entièrement conçu par l'équipe Saphir. Il s'agit d'un outil d'aide à l'interprétation destiné aux personnes souhaitant exploiter des données radar polarimétrique, ou encore aux étudiants. "Une fois le principe intégré, je ne voulais pas que les étudiants perdent leur temps à recréer un outil qui existait déjà. Je préfère qu'ils utilisent directement celui-ci et se familiarisent avec lui afin que cela leur laisse plus de temps pour leurs recherches", précise Éric Pottier. ■



L'observation simultanée de la Corse et de la Sardaigne par les capteurs radar Asar (à gauche) et hyperspectral Meris (à droite), embarqués à bord du satellite Envisat démontre toute la complémentarité de ces deux sources d'information. Ainsi, le centre de la dépression observé sur l'image Meris donne, sur l'image radar, une zone sombre due au vent de surface dont la faible vitesse se traduit par la formation d'une mer peu rugueuse ne réfléchissant que très peu de signal vers le radar. La zone imagée présente également plusieurs routes maritimes. Les longues traînées noires détectées en bas à droite de la Sardaigne, sur l'image radar, sont dues à la présence d'huile en surface provenant des dégazages nocturnes des navires et qui sont peu ou pas visibles sur l'image Meris. On voit là toutes les potentialités offertes par l'image radar pour la surveillance et le contrôle des zones côtières ainsi que pour la lutte contre la pollution marine (voir article page 11).



radar SIR-C embarqué sur la navette Endeavour", se souvient Éric Pottier. C'est alors, à partir des années 1998-99, que commencent à naître les applications. C'est ainsi que l'équipe rennaise travaille depuis 1997, dans le cadre du Programme national de télédétection spatiale (PNTS) avec Météo France, EDF, l'Institut de glaciologie de Grenoble et aussi l'Institut de recherche scientifique canadien (INRS) sur la mesure de la hauteur de neige (hauteur de la couche de neige humide et de la couche de glace). En Europe, les données polarimétriques sont récoltées par Envisat depuis février 2002, au Canada, elles le seront grâce à RadarSat II qui sera lancé en 2005.

Entre temps, l'IETR a également été sollicité par le Japon qui va lancer l'été prochain le satellite Alos/Palsar, avec à son bord un radar entièrement polarimétrique pour la mesure de paramètres de zones urbaines (suivi d'urbanisation) et d'environnements naturels.

Voir l'invisible

D'autres projets occupent encore l'équipe d'Éric Pottier qui ne compte pas moins de 5 thèses en cours sur ces thématiques. "Le radar a cela

d'intéressant qu'il peut aussi faire apparaître des choses invisibles : une campagne de mesures aéroportée avec le radar polarimétrique Ramses de l'Onera aura pour but de repérer un village gaulois qui serait enfoui dans la région du bassin d'Arcachon. Dans le même esprit, ce capteur français ira en Égypte en septembre 2005 pour survoler le Nil et faire apparaître ses anciennes ramifications."

Et l'avenir ? Éric Pottier mise sur la fusion de données : "Les mondes de l'optique et du radar sont vraiment deux domaines de recherche différents qui ne se côtoient pas forcément. Or je pense que nous avons beaucoup à apprendre les uns des autres. Les images radar sont en effet très difficiles à interpréter. L'idéal serait d'arriver à les coupler avec les images optiques, bien intégrées par l'œil humain."

La fusion des données passera-t-elle par les fusions des compétences bretonnes ? ■ **N.B.**

⁽¹⁾ Une image optique est une vue du dessus (à 90°) prise dans le domaine du visible, de l'infrarouge... ⁽²⁾ Une image hyperspectrale est le résultat de l'addition de plusieurs images prises à des longueurs d'onde différentes par plusieurs capteurs en même temps.

Contact → Éric Pottier, directeur adjoint de l'IETR, tél. 02 23 23 57 63, Eric.Pottier@univ-rennes1.fr

BOERNER, LA PROMONDIALISTE



Éric Pottier (à gauche) en compagnie de Wolfgang-Martin Boerner.

"Les hommes vivent sur une planète de plus en plus petite, qui n'appartient pas à un seul pays. Il faut avoir l'intelligence de travailler tous ensemble pour prévenir les catastrophes". Ces mots ne sont pas ceux d'un utopiste, mais du pionnier mondialement reconnu de la polarimétrie radar. Docteur Honoris Causa de l'Université de Rennes 1 depuis avril 2003, Wolfgang-Martin Boerner veut que cette technologie, qu'il développe depuis l'université de l'Illinois, à Chicago, profite au plus grand nombre. La richesse d'information sur l'environnement terrestre, obtenue par la télédétection polarimétrique et interférométrique, est en effet utile pour l'étude des tremblements de terre, la volcanologie, la connaissance de la forêt ou la surveillance de l'urbanisation anarchique. Les agences spatiales en sont désormais convaincues - notamment grâce à lui ! Après le premier satellite équipé d'un tel radar, lancé l'an dernier, W.-M. Boerner rêve maintenant d'une constellation de satellites, pour surveiller notre environnement. Cela nécessite une collaboration internationale de grande ampleur. W.-M. Boerner y croit. Tout en parlant, il manipule une planète fictive entre ses mains, très vite. Des gestes qui trahissent une réflexion rapide, jamais interrompue. Une célérité qui donne envie d'y croire, avec lui. ■ **N.G.**



Les géographes familiers des images satellites

Les géographes du laboratoire Costel (Climat et occupation des sols par télédétection) de Rennes 2 utilisent aujourd'hui la télédétection en routine pour suivre l'évolution des structures paysagères et de l'occupation des sols ayant un impact sur l'environnement. Décollage.



→ Géographe, enseignant-chercheur au laboratoire Costel, partie de l'UMR⁽¹⁾ Littoral, environnement, télédétection, géomatique (LETG) et plus récemment du Centre armoricain de recherche en environnement (Caren), Laurence Hubert-Moy s'intéresse à l'évolution des structures paysagères et des modes d'occupation des sols ayant un impact sur l'environnement en Bretagne. "La télédétection est notre outil principal pour suivre les changements intervenus depuis les années cinquante", explique-t-elle.

Tout commence au début des années 80, date à laquelle les premiers capteurs satellitaires sont évalués et permettent de réaliser un inventaire descriptif des parcelles agricoles. Aujourd'hui l'utilisation en routine de la télédétection satellitaire permet aux géographes non seulement de détecter à un pas de temps annuel les changements intervenus depuis plus d'une dizaine d'années, mais aussi de simuler une évolution afin d'évaluer les impacts biophysiques et climatiques de ces modifications.

"Nous cherchons, d'une part, à mettre en évidence l'importance du changement et son emprise spatiale et, d'autre part, à identifier les facteurs responsables de ces changements pour réaliser des modèles. Des modèles prédictifs, dans lesquels nous spatialisons les changements attendus, mais aussi des modèles prospectifs : nous construisons des images du futur !", précise-t-elle.

La matière première de ces modèles sont des photos aériennes, des données aéroportées ou satellitaires. Mais attention au choix des outils : les images des capteurs Spot Végétation (français) et Noaa AVHRR (américain) sont en basse résolution - 1 pixel pour 1 km sur 1 km -, et donc mal adaptées à la taille des champs bretons. "Nous évaluons actuellement des données issues du capteur américain Modis, moyenne résolution - 1 pixel correspond à 250 m sur 250 m - couplées à celles de Spot 5 en haute résolution."

Les applications, quant à elles, suivent le développement des techniques : elles ont fortement augmenté depuis ces dernières années. Il est ainsi maintenant possible d'évaluer les effets des mesures agroenvironnementales, comme la politique agricole commune, en contrôlant, par exemple, le suivi des recommandations de couverture des sols en hiver. Parmi les autres potentialités : le suivi des systèmes culturaux ou l'identification et la caractérisation des zones humides.

"Ce métier est très enrichissant dans le sens où nous sommes vraiment à l'interface entre les agronomes, les écologues, les hydrologues, d'une part, et les spécialistes du traitement du signal, d'autre part", conclut Laurence Hubert-Moy. ■ N.B.

Contact → Laurence Hubert-Moy,
tél. 02 99 14 18 48,
laurence.hubert@uhb.fr

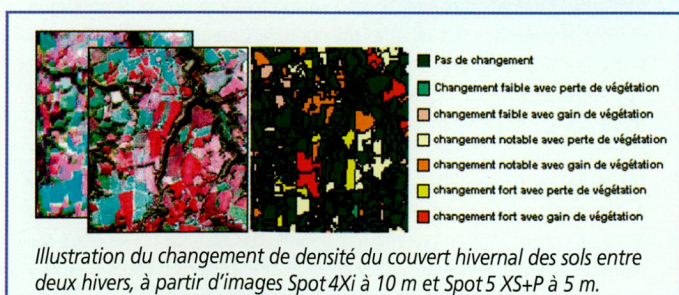


Image capturée pendant un survol de la base de données. Une des fonctionnalités du logiciel de survol : le minitableau de bord fournissant une carte de repérage (indispensable pour les grandes bases de données), un compas de navigation, les coordonnées du point de vue, son altitude, la direction et l'inclinaison de la vue.



Alimenter une base de données environnementales, telle est la finalité d'utilisation des images satellites par Pierre Arousseau et son équipe dans l'UMR⁽¹⁾ Sol, agronomie, spatialisation (Sas). Une base dont les potentialités en réalité virtuelle n'ont pas encore suffisamment trouvé leurs applications en environnement...

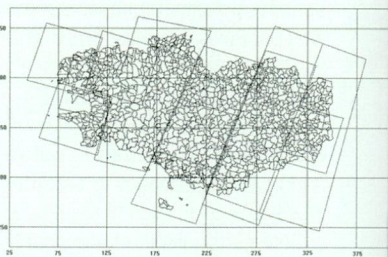
→ "À partir de 1992, nous avons acquis un modèle numérique de terrain (MNT) couvrant toute la Bretagne : il a été produit à partir d'images du satellite Spot en utilisant des techniques de stéréorestitution⁽²⁾, commence Pierre Arousseau, directeur du laboratoire spatialisation numérique de l'Ensar. Ce modèle numérique de terrain permet de décrire l'altitude et le relief de la région."



La Bretagne a été couverte par un ensemble de 15 carrés de 60 km de côtés (soit 30 prises de vues pour avoir une vision stéréoscopique). Résultat : une base de données de 135 millions de points régulièrement disposés tous les 20 m.

Trois types d'applications utilisent ce MNT. Il s'agit d'applications environnementales et surtout hydrologiques. Les premières dites de modélisation spatiale, développées à partir de 1991-1992, permettent de déterminer par calcul la position d'un objet géographique ponctuel, linéaire ou surfacique : position d'un réseau hydrographique, contour d'un bassin versant, extension d'une zone hydromorphe de bas-fonds. Les deuxièmes dites de modélisation

spatialisée ont été développées à partir de 1997-1998. Elles permettent de calculer des flux d'eau, de nitrates et de pesticides. Le troisième type d'application est la réalité virtuelle. L'objectif est de reconstituer ce que l'on verrait à bord d'un avion ou d'un hélicoptère, avec la vision stéréoscopique. L'utilisateur peut choisir son altitude ou son angle de vue, accédant ainsi à des points de vue inhabituels ou impossibles à réaliser simplement, comme un survol à 200 km d'altitude, par exemple.



La Bretagne a été couverte par un ensemble de 15 carrés de 60 km de côtés.

Pourtant, malgré son aboutissement - "Nous sommes opérationnels en réalité virtuelle depuis 6 ans !" et la reconnaissance de ses performances dans le milieu de la réalité



Les maladies des plantes scrutées depuis le ciel

L'idée de départ : utiliser la télédétection, et notamment les satellites, pour établir des cartes sur l'état sanitaire des cultures. Aujourd'hui, après plusieurs années de recherche, les résultats sont mitigés ; l'étude est très complexe. Le satellite seul n'a pas réponse à tout.

→ Suivre l'état sanitaire des cultures par télédétection a deux objectifs. Favoriser d'une part la diminution de l'utilisation des produits pesticides en faisant en sorte que les agriculteurs ne traitent pas systématiquement leurs champs, ni de façon préventive. Détecter d'autre part la présence d'une maladie avant que celle-ci ne soit visible à l'œil nu. Enseignant-chercheur à l'École nationale supérieure d'agronomie de Rennes (Ensar) et membre du laboratoire Physique des surfaces naturelles et génie rural, Hervé Nicolas a participé au programme de recherche "agriculture de précision", financé par l'Inra. Il explique : "Concrètement, il s'avère que ces objectifs sont difficiles à atteindre. Les agriculteurs ne souhaitent pas en effet prendre de risques.



INRA/ENSAR

Ils préfèrent la prévention avec l'utilisation de produits à spectre assez large, ou alors un outil fiable à 100 %, ce qui n'est pas encore le cas de la télédétection."

Première difficulté, la nature des informations recherchées : le changement de couleur (vers le jaune), la modification du couvert végétal et l'augmentation de température, caractéristiques d'une plante malade, sont détectables dans le proche infrarouge et l'infrarouge thermique. Or ces capteurs ne sont pas toujours disponibles à la bonne résolution. Deuxièmement, en Bretagne, les parcelles cultivables sont relativement petites et les maladies commencent par se développer sur des surfaces encore plus petites, non détectables avec un satellite comme Spot, dont la résolution est de 10 m sur 10 m. Enfin, la disponibilité des images : une maladie peut exploser

en quelques jours, ce qui ne correspond pas forcément à la fréquence des passages d'un satellite.

Après une batterie de tests, ces problèmes ont donc été contournés en abandonnant le satellite au profit des systèmes aéroportés. "Les données existent, la théorie fonctionne en laboratoire ou sur des parcelles Inra, c'est-à-dire dans des conditions contrôlées, précise Hervé Nicolas, mais pas en routine. Nous avons commencé des tests sur le terrain avec des agriculteurs, mais la difficulté provient de la grande hétérogénéité des parcelles agricoles ; les signaux qu'elles envoient en télédétection sont très nombreux et arriver à repérer ceux qui correspondent vraiment à une maladie est quelque chose de très complexe."

Autre exemple de la complexité du système : une plante peut être touchée par plusieurs maladies. Or une fois l'image débarrassée de ses bruits et analysée, la maladie mise en évidence n'est pas forcément la plus nuisible... "Nous avons besoin de collaborations avec les phytopathologistes de l'Inra, avec les ingénieurs de Météo France et nous avons surtout besoin de relier entre elles des informations multiples et variées pour mettre au point des systèmes d'aide à la décision. Il nous faut encore acquérir beaucoup d'informations sur les parcelles, ce qui nécessite beaucoup de vols et donc de l'argent."

Aujourd'hui le programme de l'Inra "agriculture de précision" a touché à sa fin. Des publications sont toujours en cours et pour Hervé Nicolas les perspectives sont du côté des nouveaux vecteurs et capteurs, comme des avions télécommandés (drones) - "des essais sont envisagés au printemps prochain" ou des hélicoptères légers, ce qui permettra de diminuer les coûts et donc d'accroître le nombre d'informations sur les cultures. "Le chemin parcouru est déjà énorme ; la France est en avance sur ce thème de la télédétection des maladies, mais maintenant il y a un cap à franchir !" ■ N.B.

Illustration de la complexité d'interprétation des images

Deux images d'une même parcelle prises au même moment.

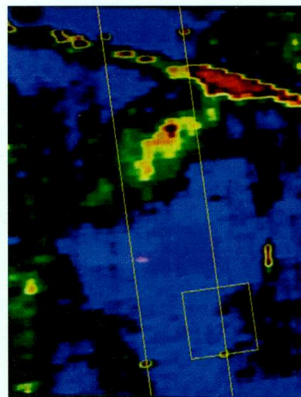
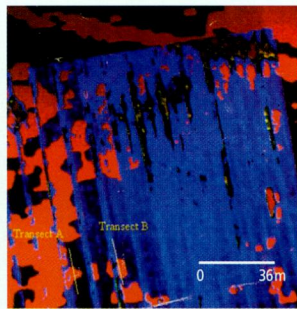


Image thermique (bleu (t° basse), vert, orange, rouge (t° élevée)). Théoriquement, une température élevée (zones rouges) est un critère pour repérer une zone de plantes malades. Or sur le terrain, il s'avère que certaines de ces zones, celles où la température est la plus élevée, sont, en fait, des zones à faible densité de végétation dont l'origine est un ancien chemin, ou un poteau électrique (faux positifs).



Cette image est le résultat de la mise en relation de deux images. Elle représente, sous forme de taches rouges, les zones de végétation atteinte par une maladie. Ces zones correspondent à une forte couverture du sol par la végétation (obtenues par traitement d'une image couleur) et à une température élevée (obtenue à partir de l'image thermique précédente, extraction faite des zones à température plus élevée). L'information sur l'état sanitaire des cultures a été validée sur le terrain.

ENSAR/RENNES

ENSAR/RENNES

virtuelle⁽³⁾, la simulation en réalité virtuelle ne trouve pas encore de preneurs dans le domaine de l'environnement. "La Direction générale de l'environnement de la Commission européenne nous avait demandé de faire une démonstration de l'outil en 2001 en Italie. L'Institut français de l'environnement (Ifen) par une analyse propre a bien identifié l'intérêt de la 3D en environnement, mais ce ne sont que des frémissements. Pourtant, manipuler une base de données en 2 dimensions ou en réalité virtuelle n'a rien à voir. L'utilisation d'écrans cylindriques de grandes dimensions⁽⁴⁾ couvrant tout le champ visuel fait que l'utilisateur n'est pas devant mais dans l'image ! La relation avec les données est donc complètement différente", poursuit-il.

Être en avance sur son temps est le propre de la recherche. Gageons que ces techniques parfaitement intégrées dans plusieurs domaines comme l'industrie, le militaire, l'architecture et l'archéologie trouveront leur place dans le domaine de l'environnement. ■ N.B.

⁽¹⁾ UMR Unité mixte de recherche Inra-Ensar (École nationale supérieure d'agronomie de Rennes) : sol, agronomie, spatialisations (Sas). ⁽²⁾ La stéréorestitution est le principe de vision - deux vues d'une même scène sous deux angles différents - qui nous permet de voir en relief. ⁽³⁾ Les travaux de Pierre Arousseau et d'Hervé Squidant, ingénieur informaticien, ont été récompensés, en mai dernier, lors des 5^{es} Rencontres internationales de la réalité virtuelle, à Laval, dans la catégorie Design industriel et simulation. Voir Sciences Ouest n° 200 - juin 2003. ⁽⁴⁾ Du type de la salle immersive de l'Inra.

Contact → Pierre Arousseau, tél. 02 23 48 54 28, pierre.rousseau@roazhon.inra.fr

Contact → Hervé Nicolas, tél. 02 23 48 55 52, nicolas@agorennes.educagri.fr

Le thon se pêche au satellite

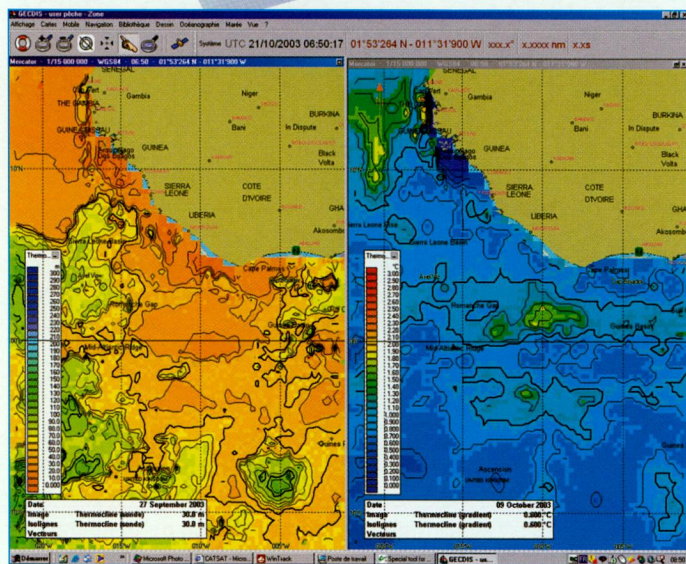
Basés à Concarneau, les établissements CMB Armement gèrent une flotte de neuf thoniers répartis entre océan Atlantique et océan Indien. Gildas Bodilis, responsable recherche et développement de l'entreprise, est une ressource sûre pour ces patrons pêcheurs et leur équipage. Pour les aider à localiser les bancs de poissons, il a contribué à faire passer cette pêche à l'ère du satellite.



→ Dans son bureau, Gildas Bodilis s'entretient avec l'un des patrons de la flotte.

De la côte somalienne ou sierra-léonaise, les conseils de cet ingénieur halieute pour naviguer sur le logiciel d'exploitation d'imagerie satellitaire installé à bord de chacun des thoniers de l'armateur concarnois sont parfois nécessaires. *"La dernière version en date est le fruit d'un échange nourri avec notre prestataire, explique Gildas Bodilis. Il fallait qu'il réponde à des critères très stricts, concernant notamment la simplicité d'utilisation."*

La pêche thonière tropicale française, ce sont quatre armateurs. Trois à Concarneau et un à Lorient, pour une flotte totale de vingt-huit thoniers. Ces bateaux pêchent à la senne, un filet tournant de 1 500 mètres sur 300, soit l'équivalent en



Les données fournies par le satellite permettent de déterminer la profondeur des eaux chaudes de surface (thermocline) et donnent ainsi aux pêcheurs une indication sur la localisation des bancs de poissons.

surface de six terrains de football ! Un seul coup de ce filet géant peut suffire à capturer jusqu'à 400 tonnes de thon. Cette montagne de poissons est ensuite amenée à bord grâce à une énorme "épousette" mécanisée, la salabarde. Les thons sont ensuite congelés entiers dans les cales puis débarqués dans les ports d'Abidjan ou de Mahé, aux Seychelles.

Pour être capturable à la senne, le thon doit être concentré et relativement proche de la surface, ce qui se produit quand le poisson chasse, ou quand un objet flotte dans l'eau. Comportement insolite, certaines espèces de thons (comme le listao, par exemple) ont en effet la manie de se grouper sous les objets à la dérive. Les bancs peuvent alors

atteindre des centaines de tonnes d'individus. Cela a permis le développement d'un mode de pêche particulier dit "sous DCP" (dispositifs de concentration du poisson) : les senseurs mouillent des radeaux équipés d'un système de localisation, et reviennent un peu plus tard pour "cueillir" les poissons.

Le second mode de pêche, qui permet de capturer des espèces plus prisées, comme l'albacore, est dit sur "banc libre". *"Il s'apparente davantage à une chasse, estime Gildas Bodilis, les bateaux passent à peu près les quatre cinquièmes de leur temps à «tailler la route» pour trouver une matie de thon capturable."*

Pêcher par satellite

Pour cela ils disposent de toute une batterie d'instruments d'observation : des jumelles, qui permettent à un membre d'équipage perché en haut du "nid-de-pie" de repérer les "frisottis" caractéristiques de la présence d'un banc de thons à 7 kilomètres, au sonar, capable de repérer leur présence sur un rayon de 4 kilomètres. Sans oublier le radar dit "bande S" qui permet de localiser une bande d'oiseaux en vol à 50 kilomètres. *"Les oiseaux de mer se nourrissent des petits poissons qui sautent hors de l'eau, quand les thons sont en train de chasser, leur présence est donc un bon indicateur"*, explique l'ingénieur.

Le satellite, dont les applications dans ce domaine ont connu leurs balbutiements dans les années

1970, permet aux pêcheurs d'élaborer une stratégie à une échelle beaucoup plus large, celle de toute la zone de pêche. On s'intéresse donc à tout ce qui conditionne la distribution du thon, et donc de ses proies. Ces dernières dépendent de la concentration en phytoplancton, elle-même dépendante de la teneur en sels nutritifs de l'eau. Mais le thon est également sensible à la température de l'eau. *"Pour limiter ses dépenses énergétiques liées aux brusques changements de température, les thons ont tendance à se tenir à des profondeurs peu importantes, dans des eaux réchauffées par le rayonnement solaire"*, explique Gildas Bodilis. On mesure donc tout l'intérêt pour les pêcheurs de disposer des images du satellite Spot, qui mesure la quantité de chlorophylle dans l'eau, ou encore de Jason, qui indique le "relief des océans". Les zones de "creux" témoignent en effet de la présence d'une masse d'eau de forte densité, donc chargée en sels nutritifs.

Grâce au poste informatique de la cabine de pilotage, les pêcheurs reçoivent deux fois par semaine une série d'images "primaires" (concentration en chlorophylle, température de surface...), et "secondaires", résultant d'une modélisation mathématique des données satellitaires (courant de surface, température...). Grâce à un logiciel, ces paramètres sont intégrés aux outils de navigation "classiques" tels que la route du bateau ou la localisation des coups de senne. Un système d'archivage est également prévu. Cette technologie aide le patron à repérer les "grandes tendances" de sa zone de navigation. Pour le reste évidemment, c'est une question de savoir-faire... ■ **M.L.**

DES BATEAUX SUIVIS À LA TRACE



La société morbihannaise Sky Satellites System a mis au point une application qui permet de suivre sur Internet une flotte de mobiles (bateaux ou véhicules terrestres). Les satellites (réseaux Immarsat et Iridium) captent les signaux envoyés par les balises positionnées sur les mobiles et les renvoient au serveur Skysat qui les archive dans une base de données. Les clients peuvent alors interroger la base de données via Internet (pas de logiciel à acquérir) et visualiser la position des mobiles sur une carte grâce à un simple

Bateau équipé d'antennes arrières permettant son suivi par satellite.

abonnement, ajustable à leurs besoins. Si les premières applications concernaient le suivi de courses de bateaux comme la Route du Rhum, le produit s'insère maintenant dans n'importe quel secteur, et cela à des prix accessibles à tous : 30 € par mois pour un positionnement 1 fois/24 h. ■

Contact → Philippe Roger, tél. 02 97 52 14 52, <http://geotrace.esrfrance.fr>

Contact → Gildas Bodilis, responsable R & D, tél. 02 98 60 52 52, gildas.bodilis@cmb-sa.com

Télécommunications

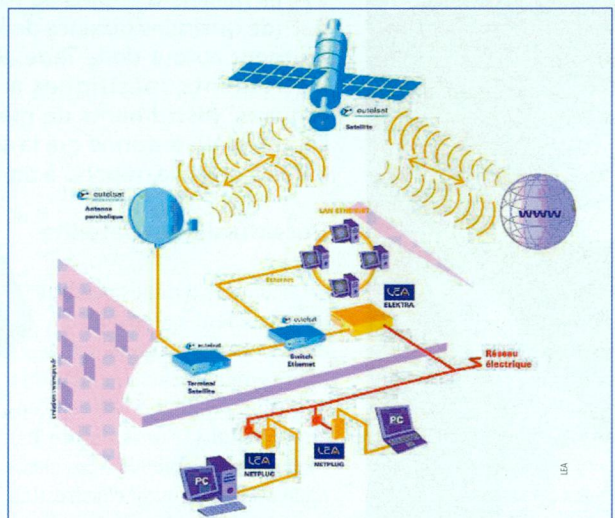
Le satellite fournisseur de haut débit

Si le haut débit par satellite est opérationnel depuis quelques années, son accès dans des zones non couvertes par l'ADSL ou le câble dépend plutôt de solutions politiques et financières... Le point et quelques exemples en Bretagne.

→ Câble et ADSL permettent aujourd'hui de surfer allègrement en haut débit. Un usage qui se répand de plus en plus, notamment dans les zones urbaines où les réseaux filaires sont bien développés. En revanche, les zones isolées demandent à ne pas être oubliées. Or si les technologies de haut débit via le satellite sont opérationnelles depuis quelques années et peuvent apporter la solution technique, elles ne sont pas toujours accessibles financièrement aux PME ou aux particuliers.

La société LEA⁽¹⁾, leader européen pour sa technologie de filtrage ADSL, dont le siège est basé à Cesson-Sévigné (35) propose une solution : elle s'est récemment associée à Eutelsat⁽²⁾ pour offrir une connexion à l'Internet haut débit en couplant la technologie courant porteur au satellite (voir encadré). Le siège de l'Institut Locarn (22), association contribuant au développement économique en Bretagne, est ainsi devenu, vendredi 18 octobre dernier, le premier site pilote de l'offre. ■

⁽¹⁾ LEA (Laboratoire européen ADSL) est une société spécialisée dans la conception et la fourniture de filtres ADSL/VDSL et de solutions pour les communications sur courant porteur pour le marché des hauts débits. Son siège est basé à Cesson-Sévigné (35). ⁽²⁾ Eutelsat est l'un des premiers opérateurs mondiaux de télécommunications par satellite. Elle transmet plus de 1 300 chaînes et 800 stations de radios, soit une audience totale de 107 millions de foyers.



CONNEXION HAUT DÉBIT SATELLITAIRE ET COURANT PORTEUR

Le produit Elektra développé par LEA, permet de faire le lien entre la liaison Internet haut débit issue du réseau de l'opérateur (parabole et modem satellite) et le réseau électrique de la maison. Un second module de terminaison (Netplug) permet ensuite de connecter chaque équipement informatique ou multimédia (jusqu'à 15 simultanément, avec un débit théorique utile variant de 5 à 10 Mbits). L'utilisateur bénéficie ainsi d'un véritable réseau local sans recâblage et utilise toutes les prises électriques comme point d'accès. Une solution économique et fiable. ■

TOUCHER PLUS DE MONDE

Le Conseil général des Côtes-d'Armor s'est donné jusqu'à 2005 pour doter tout le département du haut débit. L'Agence de développement économique (ADE) de Saint-Brieuc a donc pour but de développer les usages d'Internet. "Mais susciter l'utilisation d'Internet et du haut débit quand on n'a pas accès au haut débit : un cercle vicieux ou vertueux ?", s'interroge Gaëlle Gouerou, directrice de l'ADE. "Parmi les entreprises que nous conseillons, certaines de l'arrière-pays ne sont pas reliées à l'ADSL. Le satellite, c'est certain, pourrait apporter des solutions." ■

Contact → Gaëlle Gouerou, ADE, tél. 02 96 76 69 80, ade-saintbrieuc@wanadoo.fr

LE HAUT DÉBIT PAR SATELLITE TESTÉ À MORLAIX

Dans la Communauté d'agglomération du Pays de Morlaix, les entreprises Giannoni, Hit Game à Taulé et Daigrement Consultants à Locquirec testent le haut débit par satellite : elles bénéficient actuellement d'une solution financée en partie par le Conseil général du Finistère qui devrait dupliquer l'opération sur les autres sites intéressés du département. ■

Source → Le quotidien de la lettre économique de Bretagne du 16 octobre 2003.

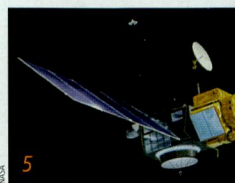
→ POUR EN SAVOIR PLUS

RÉSEAU "TERRE ET ESPACE"

En parallèle des journées "Espace et société", le ministère a mis en place le réseau "Terre et Espace" qui vise à soutenir des projets de recherche associant scientifiques et industriels, pour le développement de services préopérationnels, utilisant les moyens spatiaux. L'appel d'offres est ouvert en permanence et consultable sur le site du ministère. ■

→ <http://www.recherche.gouv.fr/espace/>





Anatomie des satellites

Des milliers d'engins de formes et de masses très variées (de quelques dizaines de kilogrammes à plusieurs tonnes) tournent autour de la Terre. Si la charge utile, composée des instruments spécifiques à chaque mission (télescopes, caméras, instruments de mesure...) diffère d'un satellite à l'autre, la plate-forme qui la supporte, structure fixe assurant la "vie" orbitale, répond à un certain standard.

L'ossature d'un satellite

Contraintes terribles pendant le lancement ; une fois en orbite : variations de température, rayonnements, impacts de météorites voire de déchets d'engins spatiaux... un satellite est soumis à rude épreuve ! Les matériaux utilisés dans sa construction doivent répondre à d'excellentes qualités de rigidité, de résistance et de stabilité thermique. Ils doivent aussi être le plus léger possible, une condition imposée lors du lancement où chaque gramme supplémentaire se paie au prix fort. La fibre de carbone répond remarquablement à ces exigences. Elle est de plus en plus présente aujourd'hui dans les matériaux composites⁽¹⁾ utilisés pour la structure des satellites, matériaux assemblés en "sandwich de nid d'abeilles"⁽²⁾ pour optimiser encore le rapport rigidité/légèreté. Quant aux pièces qui devront se mouvoir dans un environnement hostile, leur lubrification avant départ fait l'objet de soins tout particuliers (lubrification sèche au téflon, au plomb ou au molybdène).

L'alimentation en énergie

Ce sont des panneaux solaires qui, à bord, fournissent l'énergie nécessaire aux équipements électroniques et électriques de la plate-forme et de la charge utile. Ces panneaux sont orientés au mieux par rapport au Soleil à l'aide d'un moteur. Leur taille est plus ou moins grande selon la puissance consommée par le satellite : celle de la seule charge utile varie de quelques centaines de watts pour un petit satellite à plusieurs milliers de watts pour les grandes plates-formes orbitales.

Qu'il s'agisse de satellites de télécommunication (Astra SES première (2) et deuxième génération (3)), d'observation de la Terre, comme Meteosat (6 et 7), Jason (4), d'observation des océans, comme Topex (5), ou de l'environnement cosmique comme Cobe (1), les satellites sont de formes et de tailles diverses mais ont tous une anatomie et un mode d'organisation semblables.

L'énergie électrique ainsi produite est ensuite régulée puis distribuée aux différents équipements. Elle sert également à recharger de petites batteries, bien utiles pour restituer de l'énergie au satellite lorsque celui-ci est du côté de la face terrestre opposée au Soleil.

La gestion de bord

Tout satellite "dialogue" avec un centre de contrôle. Cependant certaines fonctions, comme le contrôle d'attitude, seraient fastidieuses à suivre continuellement depuis le sol. Mais surtout, hormis les satellites géostationnaires, un satellite n'est pas en permanence "vu" de son centre de contrôle. Il doit donc alors être totalement autonome : pouvoir se surveiller et se maintenir en état de sécurité, donc savoir détecter et diagnostiquer une éventuelle panne, élaborer une reconfiguration ou mettre en sécurité un ensemble d'équipements à bord ou encore passer en "mode survie" ; il doit aussi être capable de sauvegarder des données avant de pouvoir à nouveau les transmettre au sol... Logiciels de bord et calculateurs ont la mission d'assurer cette "gestion de bord". En termes de kilogrammes, cela n'est pas négligeable puisque, par exemple, l'informatique embarquée sur la station européenne Spacelab affiche une masse de... 500 kg de composants électroniques !

Le contrôle d'attitude et d'orbite

L'attitude - orientation dans l'espace, par rapport à la Terre, au Soleil et aux étoiles - et l'orbite d'un

satellite sont sujets à modification : vibrations dues à l'échauffement de la plate-forme, perturbations magnétiques ou radiatives, perte progressive d'altitude des satellites en orbite basse... autant de modifications qu'il faut corriger. Sans compter le contrôle de la bonne orientation des éléments : il vaut mieux que les panneaux solaires soient dirigés vers le Soleil et non vers la Terre et les antennes vers la Terre et non vers la Lune ! Senseurs, capteurs, calculateur et actionneurs se partagent la tâche. Les senseurs déterminent l'attitude du satellite, les capteurs enregistrent son mouvement, le calculateur interprète les données et donne les ordres aux actionneurs : tuyères à éjection de gaz dans le rôle de propulseur, volants d'inertie pour stabiliser le satellite... et même voile solaire pour économiser le gaz des propulseurs.

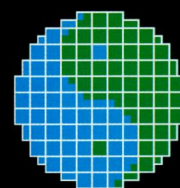
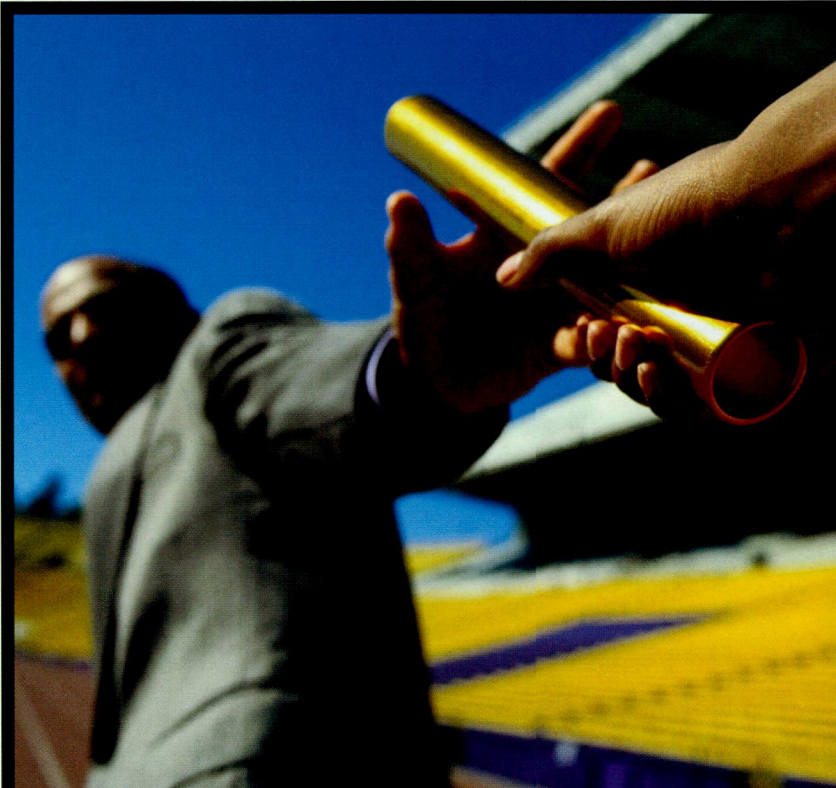
Durée de vie

Lorsque les réservoirs sont vides ou les batteries hors d'usage, les contrôles d'attitude ou d'orbite ne sont plus possibles... Le satellite, inutilisable, dérive. Aujourd'hui, pour éviter que l'espace ne devienne une gigantesque poubelle, dangereuse pour tout engin spatial (les débris voyagent à des vitesses inouïes), deux solutions s'offrent aux "vieux" satellites : ceux de communication - à environ 36 000 km d'altitude - sont élevés sur des orbites appelées "orbites cimetières" où l'on est sûr qu'il n'y a aucun autre satellite en activité ; les autres - orbites de 300 à 1 000 km d'altitude - sont placés sur une orbite plus basse à l'aide de leur moteur embarqué. Ils "tombent" ainsi plus rapidement sur Terre (détruits en rentrant dans l'atmosphère, ils finissent leur chute en mer). ■

⁽¹⁾ Matériau composite : matrice dans laquelle est noyé un renfort à base de fibres ; en aéronautique, on distingue les matrices organiques, minérales et métalliques pour répondre à des besoins spécifiques (par exemple, matrices de carbone ou minérales pour la protection thermique à très haute température). ⁽²⁾ Composé d'une partie interne légère, l'âme, alvéolée, et de deux renforts latéraux fins, les peaux.

→ Réalisé en collaboration avec Sylvie Furois, CNRS et Centre de vulgarisation de la connaissance, Université Paris-Sud XI, www.cvc.u-psud.fr/cvc





**TECHNOPÔLE
BREST-IROISE**

CONTACTEZ-NOUS :

TECHNOPÔLE BREST IROISE
40, RUE JIM SÉVELLEC - CS 83809 - 29238 BREST CEDEX 3
HTTP://WWW.TECH-BREST-IROISE.FR
TÉL : 02.98.05.44.51 • FAX : 02.98.05.47.67

CRÉATION D'ENTREPRISES

TOUTES LES CHANCES DE RÉUSSIR
ENTRE VOS MAINS

> **CRÉATEURS...**

- DES PÉPINIÈRES D'ENTREPRISES OÙ VOUS INSTALLER,
- UNE ÉQUIPE POUR VOUS ACCOMPAGNER,
- UN RÉSEAU POUR VOUS DÉVELOPPER

L'info scientifique et technique du grand Ouest

Abonnez-vous et recevez chaque mois
Sciences Ouest + Découvrir

Tarif normal

2 ANS 54 € (au lieu de 66 €*) soit 4 numéros gratuits
1 AN 30 € (au lieu de 33 €*) soit 1 numéro gratuit

Tarif étudiant (joindre un justificatif)

2 ANS 27 € (au lieu de 66 €*) soit 13 numéros gratuits
1 AN 15 € (au lieu de 33 €*) soit 6 numéros gratuits

Tarif étranger ou abonnement de soutien

2 ANS 76 € 1 AN 50 €

Je souhaite un abonnement de

- 1 AN (11 N^{os} Sciences Ouest + 11 N^{os} Découvrir)
 2 ANS (22 N^{os} Sciences Ouest + 22 N^{os} Découvrir)

- Tarif normal Tarif étudiant (joindre un justificatif)
 Tarif étranger ou abonnement de soutien

Nom _____ Prénom _____

Organisme/Société _____

Secteur d'activité _____

Adresse _____

Code postal _____ Ville _____

Tél. _____ Fax _____

Je désire recevoir une facture

Bulletin d'abonnement et chèque à l'ordre de l'Espace des sciences, à retourner à : Espace des sciences, 6, place des Colombes, 35000 Rennes.



* prix de vente au numéro

50.204



Formations

ADRIA



- 19 et 20 novembre, Quimper/Caractérisation physique des produits alimentaires
- Du 25 au 27 novembre, Nantes/Bonnes pratiques de formulation
- Du 2 au 4 décembre, Nantes/Conduite de l'audit qualité interne
- Les 3 et 4 décembre, Rennes/Initiation à l'emballage alimentaire

→Rens. : Cécile Trevien, tél. 02 98 10 18 50, cecile.trevien@adria.tm.fr

ARCHIMEX



- 20 novembre, Vannes/Réglementation des ingrédients et additifs en alimentation animale
- 27 et 28 novembre, Vannes/Biotechnologies : enzymes et extraction
- 2 et 3 décembre, Paris/Innovation et nutrition : aliments fonctionnels et nutraceutiques

→Rens. : Archimex, service formation, tél. 02 97 47 97 35, formation@archimex.com, www.archimex.com

CRIR



- Du 24 au 26 novembre, Belle-Isle-en-Terre/Schéma d'aménagement et de gestion des eaux (Sage)

→Rens. : Centre régional d'initiation à la rivière, tél. 02 96 43 08 39, erb.crir@wanadoo.fr

IHT



- Les 15 et 16 décembre, Nantes/Mettre en réseau le patrimoine culturel

Le premier module de cette formation est lancé par l'Institut de l'Homme et de la technologie, institut de recherche et de formation mis en place par le Conseil régional des Pays de la Loire et l'État. Les 2^e et 3^e modules auront lieu en janvier et février 2004.

→Rens. : Lydie Denié, tél. 02 51 85 74 03, ldenie@iht.asso.fr

IRPA



- Du 18 au 20 novembre, Hillion (22)/Site Internet et patrimoine
- 4 décembre, Quimperlé (29)/Risques naturels prévisibles et patrimoine naturel

→Rens. : Institut régional du patrimoine, tél. 02 99 79 39 31, contact@irpa-bretagne.org, www.irpa-bretagne.org

SUPÉLEC



- Les 11 et 12 décembre, Rennes/Cryptographie pour l'ingénieur

→Rens. : Catherine Pilet, tél. 02 99 84 45 00.

Sorties

- 29 novembre/Mémoire pour la planète bleue



Rennes - À l'occasion de son 15^e anniversaire, la Ligue de protection des oiseaux (LPO) Ille-et-Vilaine vous invite à la projection du dernier film du cinéaste animalier Yvon Legars : Mémoire pour la planète bleue. Maison de quartier de la Bellangerais, 19h 30.

→Rens. : <http://bretagne.lpo.fr>

- 5 décembre/La civelle dans tous ses états



Saint-Nazaire - En cette période de pêche à la civelle, l'écomusée de Saint-Nazaire vous invite à découvrir les périples de ce bébé anguille dans l'estuaire de la Loire. Rendez-vous à 18h 30 au restaurant le Bon Accueil pour la conférence et la projection d'un film de Pierre Élie, chercheur au Cemagref de Bordeaux, ainsi que l'approche culinaire de Jean-Paul Dauce, chef cuisinier. Réservation obligatoire.

→Rens. : Écomusée de Saint-Nazaire, tél. 02 51 10 12 06.

Colloques

- 27 et 28 novembre/Le développement durable : une nouvelle perspective pour le XXI^e siècle ?



Rennes - Un colloque proposé par le laboratoire d'économie et de sciences sociales de l'UFR de sciences sociales de l'Université Rennes 2.

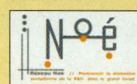
→Rens. : marie-france.monnerais@uhb.fr, tél. 02 99 14 17 84.

- 28 novembre/Allergie alimentaire et communication nutritionnelle : représentations sociales et enjeux de la qualité

Rennes - Par le laboratoire d'anthropologie et de sociologie de l'UFR de sciences humaines de l'Université Rennes 2.

→Rens. : michele.cassin@uhb.fr

- 28 novembre/Qualité et sûreté alimentaire



Des coopérations et subventions européennes pour vos projets

Rennes, Brest et Quimper - Thématique prioritaire du 6^e PCRD, "Qualité et sûreté alimentaire" fait l'objet d'une réunion d'information organisée par le réseau Noé⁽¹⁾. L'objectif : faire connaître à l'ensemble des acteurs de l'agroalimentaire les opportunités de partenariats et de financements européens. Le colloque aura lieu de 13h 30 à 17h 30 à Rennes (Université de Rennes 1, rue Kléber) et sera retransmis à Brest (à la présidence de l'UBO) et Quimper (sur le Technopôle de Quimper-Cornouaille) en visioconférence.

→Rens. : Karine Latimier, tél. 02 99 38 45 45, klatimier@anvar.fr

⁽¹⁾ Le Réseau Noé, dont la mission est de promouvoir la dimension européenne de la R&D dans le grand Ouest, est constitué de représentants de l'Anvar, de Bretagne Innovation, du CNRS, de l'École nationale supérieure de chimie de Rennes, de l'EIC Bretagne, de l'ENSP, de l'Europe universitaire de Rennes, du Réseau des universités de l'Ouest Atlantique, de l'Irisa/Inria, des Universités de Rennes 1 et Rennes 2, de l'Université de Bretagne occidentale, de la Mission pour le développement européen de la recherche en Bretagne, de l'Inra, du Technopôle Quimper-Cornouaille.

Conférences

- 12 novembre/



Les algues vertes

Quimper - Conférence départementale organisée par la Direction de l'aménagement rural, de l'eau et des espaces verts du Conseil général du Finistère. Après une présentation sur l'origine et les moyens de contrôle du phénomène d'eutrophisation et sur l'apport de la modélisation, trois ateliers seront proposés sur la perception du public, l'impact sur l'environnement et les solutions.

→Rens. : Conseil général du Finistère, tél. 02 98 76 26 61, prce@cg29.fr

- 25 novembre/Santé, alimentation... pour en parler

Rennes - Rencontres, débats, conférences, parcours santé et documentation sur le thème de l'alimentation sont proposés par la Caisse primaire d'Ille-et-Vilaine, à la salle du Triangle.

→Rens. : Caisse primaire d'Ille-et-Vilaine, tél. 02 99 29 44 44.

- 27 novembre/Le commerce électronique



Rennes - Dans le cadre des Mati-

nales de Rennes Atalante. De 8h 15 à 10h 15, dans les locaux de France Télécom R&D.

→Rens. : Rennes Atalante, tél. 02 99 12 73 73, www.rennes-atalante.fr

- 2 décembre/La communication chez les manchots



Brest - Cette conférence proposée par Océanopolis sera animée par Pierre Jouventin, directeur de recherche au CNRS, responsable de l'équipe d'écologie comportementale du CNRS de Montpellier.

→Rens. : Océanopolis, tél. 02 98 34 40 40, www.oceanopolis.com

- 9 décembre/La thérapie cellulaire : une réalité aujourd'hui

Nantes - Conférence proposée dans le cadre des mardis muséum du Musée d'histoire naturelle de Nantes et du Téléthon, par Brigitte Dréno, professeur au service de dermatologie du CHU de Nantes. 20h 30.

→Rens. : Muséum d'histoire naturelle, tél. 02 40 99 26 20, www.museum.nantes.fr

● 3 et 4 décembre/Audiovisuel et Internet



Rennes - Convergence entre l'audiovisuel et l'Internet. Offrir sur le même terminal des services interactifs utilisant au mieux le "push" de la télévision et le "search" de l'Internet, tel est l'objet de la réflexion de ces 2 journées proposées par TDF-CCETT. Des démonstrations illustreront concrètement les exposés et une table ronde dédiée aux enjeux et perspectives à long terme clôturera l'événement.

→Rens. : michel.duvel@tdf.fr, www.see.asso.fr

● 4 décembre/Réseaux sans fil



Brest - Mobilité, objets communicants, haut débit, Wifi... Voici quelques-uns des thèmes qui seront abordés au cours de la journée technique sur les réseaux sans fil organisée par le Technopôle Brest-Iroise, avec le soutien de la Meito, Jessica Ouest, l'Afeit et l'Isen Brest.

→Rens. : veronique.leloup@tech-brest-iroise.fr, www.tech-brest-iroise.fr

● 4 décembre/Brest agriculture et société

Brest - Ce forum vise à regrouper les professionnels de l'agriculture, de l'environnement, mais aussi de l'économie et de l'aménagement du territoire. 500 acteurs français et étrangers sont attendus.

→Rens. : Thierry Merret, tél. 02 98 52 48 76.

● 11 décembre/Les nouvelles technologies dans la cité

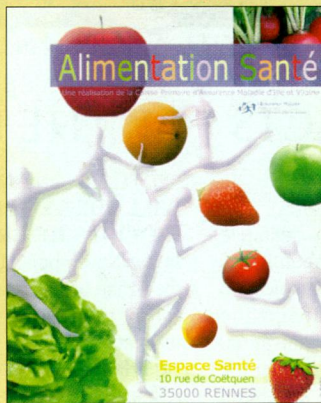


Rennes - Ce colloque, organisé à l'initiative de l'Institut d'électronique et de télécommunications de Rennes (IETR) et du DESS Master professionnel Domotique et réseaux intérieurs (DRI), engage une réflexion sur les nouveaux services rendus aux usagers dans la ville de demain, notamment par rapport au handicap. En plus des scientifiques, des industriels et des porteurs de projets, la parole sera donnée aux usagers.

→Rens. : Danielle Lemoine, tél. 02 23 23 52 24, http://tic-cite.univ-rennes1.fr

Expositions

● Jusqu'au 30 décembre/ Alimentation santé



Rennes - Devant l'abondance et la diversité des produits alimentaires proposés aujourd'hui, cette exposition réalisée par la Caisse primaire d'assurance maladie d'Ille-et-Vilaine, propose quelques repères permettant de sélectionner et de varier harmonieusement les aliments. L'enjeu : la protection de la santé.

→Rens. : Caisse primaire d'Ille-et-Vilaine, tél. 02 99 29 44 44.

● Jusqu'au 15 février 2004/ Vivre dans les abysses



Lorient - Froid, obscurité, fortes pressions, l'univers des abysses paraît plutôt hostile. Et pourtant ils sont peuplés

d'une faune étrange et diversifiée qui a su s'adapter à ces conditions particulières. Une exposition conçue par le CCSTI de Lorient à partir de photographies de spécimens d'animaux collectés au cours de missions scientifiques de l'Ifremer et du CNRS.

→Rens. : Blandine Pierron, tél. 02 97 84 87 37, www.ccstilorient.org

● Jusqu'au mois d'avril 2004/ Mystères d'épaves en Côtes-d'Armor



Saint-Brieuc - D'où viennent-ils ? Quelles sont les raisons de leur naufrage ? La nouvelle exposition du Musée d'art et d'histoire de Saint-Brieuc enquête sur l'histoire des mystérieuses épaves échouées



à Saint-Quay-Portrieux et près de l'île de Bréhat. Les indices et objets collectés lors des fouilles sont les témoins d'une histoire armoricaine méconnue.

→Rens. : Musée d'art et d'histoire, tél. 02 96 62 55 20, www.mairie-saint-brieuc.fr

QUI A DIT ? Réponse de la page 5

Antoine de Saint-Exupéry, écrivain et aviateur français (1900-1944) dans *Terre des hommes* (1939).

FORMATION CONTINUE



UNIVERSITE DE RENNES 1

VIA INTERNET...
AU TRAVAIL...
OU CHEZ VOUS...

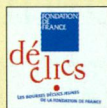
DESS FINANCE
D'ENTREPRISE
EN LIGNE
DIPLOME NATIONAL
DE 3ème CYCLE

SERVICE FORMATION CONTINUE
UNIVERSITÉ DE RENNES 1

4, rue Kléber - 35000 Rennes - 02 23 23 39 50
eliane.andre@univ-rennes1.fr
http://sfc.univ-rennes1.fr

Appels à projets

● Bourses délices jeunes



Comme chaque année depuis 1975, la Fondation de France attribue une vingtaine de bourses de 7 600 euros pour aider un jeune entre 18 et 30 ans à développer un projet, achever un travail, ou poursuivre une recherche, dans les domaines de l'art, de l'artisanat, des sciences, des techniques, de la culture, de l'action sociale, de l'humanitaire, de l'environnement...

→Rens. : Le formulaire d'inscription est à retirer sur le site www.fdf.org ou en écrivant au siège Bourses délices jeunes de la Fondation de France, 40, avenue Hoche 75008 Paris.
→Date limite d'inscription fixée au 15 novembre.

● Prix international du reportage de presse écrite sur les changements climatiques

Sensibiliser le public aux problèmes climatiques sur notre planète en soutenant les médias qui contribuent à la diffusion de cette information, telle est la vocation de ce prix, lancé par le Festival international de météo (FIM) et la Société météorologique de France (SMF). L'article (non limité en terme de nombre de signes) aura pour thème les changements climatiques, sera en langue française et devra être envoyé avant le 1^{er} décembre à la SMF. Le prix sera remis le 30 mars et l'article lauréat publié dans la revue *La Météorologie*.

→Rens. : SMF, 1, quai Branly, 75340 Paris cedex 07, Morgane Daudier, tél. 01 45 56 73 64, morgane.daudier@meteo.fr

SCIENCES

Quest

RESEARCH AND INNOVATION IN BRITTANY

ABSTRACTS FOR THE INTERNATIONAL ISSUE

SPOTLIGHT ON THE NEWS P.6 OUEST-GENOPOLE®

Ouest-genopole® has had its own, definitive identity since last September when it was given a new name, logo and communication media - 11 data sheets summarising the activities, equipment, leader organisation, specific staff and rules of accessibility for the 5 platforms. A domain name has also been registered and the website currently being built on <http://www.sb-roscoff.fr/GPO/> will very shortly be transferred to the following address: <http://www.ouest-genopole.org>.

Another piece of news is the setting up of the Scientific Interest Group (SIG) called the Institut de la génomique marine on 9th July last by the Minister Delegate for Research and New Technologies. The director of this long-awaited organisation is Bernard Kloareg, Director of a research team within the biology research station in Roscoff. He was immediately contacted by the scientific community in Europe to set up a European Network of Excellence in marine genomics; it already involves 43 establishments and institutes in 15 different countries.

Finally, experts in sequencing and gene typing met on 3rd October at Inra in Le Rheu (Ille-et-Vilaine) for a conference during which they discussed current progress in the high-rate analysis techniques used to study the polymorphism of genomes. ■

SPOTLIGHT ON LABORATORIES P.7 WILL THE VERY FIRST SMART BIOCHIPS BE BRETON?

In our November 2002⁽¹⁾ issue, we described the "smart biochip" programme launched by a consortium in Rennes including the Biomis team from the Breton branch of *École nationale supérieure* (ENS) Cachan, the Inserm 522 research team and the STMicroelectronics (STM) company. Now, one year down the track, the consortium is already in a position to produce bare biochips. However, its ambition is to supply turnkey products viz. biochips that integrate microfluids and microelectronics for a range of different applications. In short, veritable mini-labs.

However, although it will take only another few months to finish the development of commercially viable prototypes, the planned closure of STM in Rennes could set the project back by several months. "And several months in this field means that the Americans or Swiss will overtake us," said one of the scientists.

The electronics industry in Brittany is sick. Thomson and Philips are about to close down. Will STM survive as it is when demand from Microsystems scientists is about to become increasingly urgent, especially in fields such as health, biology, chemistry and the environment? Will we have to go to Grenoble or Milan to find what we once had here, right on our doorstep? ■

SPOTLIGHT ON THE NEWS P.8 MARITIME MEDICS

The second "Sea and Health" conference organised by the *Société française de médecine maritime* (SFMM) was held at Ifremer in Brest on 25th and 26th September. It provided another opportunity to discuss the training of maritime doctors whose job it is to improve the living and working conditions of crews on board ship. A university diploma in maritime medicine has been awarded in Brest since 1998. It leads up to the diploma (brevet de médecine maritime) required for any doctor practising at sea but is also designed to give a more general view of maritime culture in its widest possible sense. This is why it includes a module on the sea and its uses e.g. recreational sailing, diving, and the safety and salubrity of coastal environments. It also looks at the question of working conditions on board ship, specific noise-related vocational disorders, disorders linked to the ergonomics of work stations or diseases caused by the asbestos that is still all too common on board ships. Then there are the regulations and administrative issues concerning the health system for seagoing people which differ from the "traditional" health system, or on-board medical assistance and remote healthcare using telemedicine, for example. ■

AN IN-DEPTH LOOK AT THE EARTH SEEN FROM SPACE / THE APPLICATIONS OF SATELLITES AND OTHER REMOTE SENSING SYSTEMS

P.9/17 This month, *Sciences Ouest* sought inspiration in the "Space and Society" conference organised by the Minister Delegate for Research and New Technologies and held this summer in Rennes. As Louis Bertel, Regional Director for Research and Technology in Brittany, says at the beginning of the article, "we are so used to satellites now that we tend to forget the technological progress which has been achieved." Brittany has a few leaders in this field. Vincent Kerboal, a Ph.D working with Ifremer⁽²⁾ and formerly a lecturer at ENST⁽³⁾ Bretagne, now gives his company, Boost Technologies, the benefit of his twofold knowledge of telecommunications and maritime sciences. His know-how and expertise, which is unrivalled in France, has resulted in the development of a software program⁽⁴⁾ for the processing of data gathered from a high-definition radar image in order to obtain information about the wind, waves, currents, oceanographic and

atmospheric events, ships (size, direction of travel and speed) and pollution.

The Saphir team in the Imaging and Remote Sensing team directed by Éric Pottier at the Institut d'Electronique et de Télécommunications de Rennes (IETR) has also launched a very unusual field of research for which it has acquired a reputation for excellence throughout the world. This is the development of a new generation of radars (polarimetric radars) which, when placed in satellites, have proved to be very efficient in the remote sensing of the terrestrial environment.

At the *École nationale supérieure d'agronomie de Rennes*, Pierre Arousseau and his Soil/Agronomy/Spatialisation research team (UMR⁽⁵⁾ Sol, agronomie spatialisée, or Sas) have used satellite images to create an environmental database with VR potential that has not found an adequate range of applications in the sector of the environment.

Monitoring ships at sea, the health of crops or changes in landscape structures and land use that impact on the environment are, like the tracking of schools of fish or access to broadband services, just some of the uses of satellite images in Brittany. ■

These abstracts in English are sent to foreign universities that have links with Brittany and to the Scientific Advisers in French Embassies, in an effort to widen the availability of scientific and technical information and promote the research carried out in Brittany.

If you would like to receive these abstracts on a regular basis, with a copy of the corresponding issue of *Sciences Ouest*, please contact Nathalie Blanc, Editor, fax +33 2 99 35 28 21, E-mail: nathalie.blanc@espace-sciences.org



Brittany Regional Council is providing financial backing for this service.

⁽¹⁾ *Sciences Ouest* No. 193, page 7. ⁽²⁾ Institut Français pour la Recherche et l'Exploitation de la MER. ⁽³⁾ École Nationale Supérieure des Télécommunications. ⁽⁴⁾ SarTool program. ⁽⁵⁾ UMR mixed Inra-Ensar research team: Soil, agronomy, spatialisation (Sas).

Les lycéens évoluent, les lycées aussi



www.region-bretagne.fr

L'air pur, un luxe que tout le monde doit pouvoir s'offrir.

Parce que la pureté de l'air est un des grands enjeux pour la qualité de vie de l'homme, EDF produit 95% de son électricité avec des énergies qui n'émettent pas de gaz à effet de serre.

edf.fr



donner au monde **l'énergie** d'être meilleur

EDF
Electricité
de France