



# RESEAU

FÉVRIER 1995 • N° 108 • 20F

MENSUEL DE LA RECHERCHE ET DE L'INNOVATION EN BRETAGNE

**DOSSIER DU MOIS**

**LES  
MATHÉMATIQUES  
APPLIQUÉES  
EN BRETAGNE**

**LA BIOLOGIE MARINE À CONCARNEAU  
ARCHIMEX, PRIX DE L'INNOVATION  
LES PROBIOTIQUES À PLOUFRAGAN**





Pourquoi le regard du visage en relief reste-t-il fixe, alors que le visage en creux vous suit des yeux ? Au CCSTI, un animateur est là pour vous expliquer comment notre cerveau se laisse volontiers bercer d'illusions, quand elles sont d'optique !

## Expliquer n'est pas compliquer !

L'un des plus grands génies des mathématiques (voir "Qui a dit ?" page 4) reprochait aux professeurs d'utiliser volontairement des termes obscurs, de manière à ce que les élèves ne comprennent rien : "Croit-on les sciences si faciles ?"

Pour RESEAU, parler de la physique ou des mathématiques en Bretagne est un exercice des plus intéressants. Alors qu'il est "facile" d'intéresser nos lecteurs aux problèmes de santé, aux organismes marins, à l'environnement, à l'innovation ou à l'économie, il est plus difficile de présenter des sciences plus fondamentales.

Ce mois-ci, nous avons choisi d'illustrer les statistiques par l'exemple d'une école de musique, d'expliquer l'optimisation combinatoire par la carte de la collecte de lait dans le sud Finistère, de parler de la dérive des réseaux de neurones, de dire que les codes de sécurité informatique sont issus de la géométrie algébrique...

Voilà, en quelques pages, un bref aperçu de l'application des recherches en mathématiques, en Bretagne. En utilisant le vocabulaire courant, et en prenant soin de choisir des exemples tirés de la vie quotidienne, les sciences réputées "difficiles à comprendre" se véhiculent comme toute autre information d'utilité publique... il suffit de savoir lire !

### Allier plaisir et connaissance

Mais pour ceux que la lecture fatigue, ou qui souhaitent en même temps se distraire, l'expérience reste encore la meilleure manière d'apprendre : c'est pourquoi nous invitons nos lecteurs à venir nombreux s'initier aux plaisirs de la physique, dans notre nouvel Espace des sciences. Jusqu'au 1<sup>er</sup> avril, l'exploratoire permet d'explorer la lumière, de polariser les ondes, de contrôler un looping, de comprendre les rebonds d'une boule de billard...

Tout ceci est soigneusement mis en scène ; les animateurs du CCSTI sont à la disposition des visiteurs pour répondre aux questions, les aider à mieux comprendre la physique... tout en s'amusant.

Les centres de culture scientifique sont des écoles où les professeurs font tout pour que les élèves comprennent ! ■

Michel CABARET  
Directeur du CCSTI.

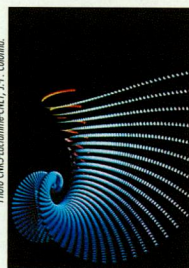
## SOMMAIRE

- La vie des labos  
ARCHIMEX,  
prix de l'innovation P. 3
- Une biologiste  
à l'écoute des pêcheurs P. 4
- SIRVEN ou le  
traitement total du lisier P. 5
- IBC'94 :  
une première pour la  
télévision numérique P. 8
- Rencontre  
Les effets positifs de la  
politique du CNRS P. 6
- Les sigles du mois P. 7

### LE DOSSIER DU MOIS

Les mathématiques  
appliquées  
en Bretagne P. 9 à 15

- La vie des entreprises  
GUILDALI mise  
sur les probiotiques P. 17
- Histoire et société  
Fin programmée d'une  
centrale nucléaire P. 18
- Les Brèves  
de Réseau P. 19 à 22



Paysage fractal  
(visualisation  
de surfaces 3D,  
avec rotation),  
réalisé par  
le Centre de  
mathématiques  
appliquées,  
URA CNRS 756,  
à Palaiseau (91).

## RESEAU

MENSUEL DE LA RECHERCHE ET DE L'INNOVATION EN BRETAGNE

■ Président du CCSTI : Paul Tréhen. ■ Directeur de la publication : Michel Cabaret. ■ Rédacteur en chef : Hélène Tattevin. ■ Collaboration : Jacques Péron, Françoise Boiteux-Colin, Colette Lhéroult. ■ Comité de lecture : Louis Rault, Christian Willaime, Gilbert Blanchard, Monique Thorel. ■ Abonnements/Promotion : Béatrice Texier, Danièle Zum-Folo. ■ Publicité : Evénement Média, BP 33 - 35511 Cesson-Sévigné Cedex, tél. 99 83 77 00.

RESEAU est publié grâce au soutien de la Région Bretagne, des ministères de l'Enseignement supérieur et de la Recherche (DISTB), de la Culture et de la Francophonie (DRAC), du département de la Finistère et de la Ville de Rennes. Edition : CCSTI, Rennes. Maquette : Pierrick Berté Création Graphique, Cesson-Sévigné. Photographie : Photographie de l'Ouest, Betton. Impression : TPI, Betton.



RESEAU est édité par le Centre de Culture Scientifique, Technique et Industrielle (CCSTI).

Tirage mensuel : 4000 ex. Dépôt légal n°650. ISSN 0769-6264.

CCSTI, 6, place des Colombes, 35000 RENNES. Tél. 99 35 28 22 - Fax 99 35 28 21.

Antenne Finistère : CCSTI, 40, rue Jim Sevellec, CP 19, 29608 BREST Cedex. Tél. 98 05 60 91 - Fax 98 05 15 02.



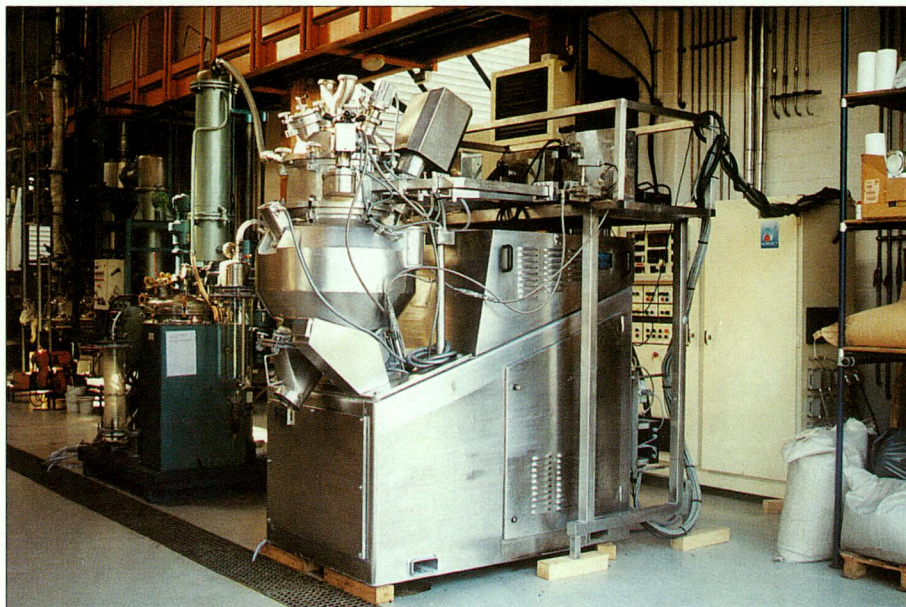


Photo Archimex.

◀ **Extraction par micro-ondes :** l'outil pilote semi-industriel, d'une capacité de 100 litres, a été mis en œuvre en partenariat avec la société Pierre Guérin-Moritz, à Mauzé (79).

## ARCHIMEX, prix de l'innovation

*Pendant la semaine internationale des procédés et équipements pour l'industrie alimentaire (24-28 octobre 1994 à Paris), Bernard Mompon, directeur d'Archimex à Vannes, a reçu le Prix de l'innovation pour son procédé d'extraction par micro-ondes.*

Les huiles essentielles<sup>(1)</sup> sont utilisées dans l'agro-alimentaire, mais aussi dans l'industrie de la chimie fine, la pharmacie, la cosmétologie. Elles entrent dans la composition des arômes, des parfums, des colorants, des médicaments... Elles sont traditionnellement obtenues par hydrodistillation de plantes ou de sous-produits agro-alimentaires.

La matière première, déposée dans de grandes cuves, est immergée dans de l'eau en ébullition. Après condensation et décantation, les extraits sont récoltés. Les restes de végétaux et les eaux résiduelles sont traités selon les produits. En tout, la durée du traitement peut varier de 30 mn à 48 h.

### PRINCIPE DE L'EXTRACTION PAR MICRO-ONDES

Le procédé mis au point par Archimex consiste à extraire l'huile essentielle, entraînée par la vapeur d'eau propre au produit, en absence de solvant. Le produit biologique traité est soumis aux micro-ondes, avec ou sans ajout

d'eau (respectivement pour les produits secs ou humides). Sous l'effet conjugué du chauffage sélectif des micro-ondes, et de la réduction de la pression dans l'enceinte d'extraction, l'eau de constitution entre brutalement en ébullition.

Le contenu des cellules est donc plus aisément transféré vers l'extérieur du tissu biologique, et l'huile essentielle est entraînée par la vapeur d'eau propre au produit traité. La séparation de l'huile essentielle est alors mise en œuvre par la condensation, le refroidissement des vapeurs émises puis la décantation.

### DE NOMBREUX AVANTAGES

Les principaux avantages de ce procédé, appelé VMHD<sup>(2)</sup>, sont : un gain de temps, une réduction des coûts (économie d'énergie et d'eau), aucun ajout de solvant, une gestion des déchets simplifiée (pas d'eau résiduelle et déchet végétal partiellement séché), des investissements réduits (capacités

moindres des cuves pour un même volume traité). De plus, les extraits sont de meilleure qualité car ils ne subissent pas de température supérieure à 80 °C.

Les premiers travaux d'Archimex relatifs aux micro-ondes ont démarré en 1991 en partenariat avec EDF. Depuis le début de l'année 1993, le projet est soutenu par le ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche dans le cadre du programme Aliment 2000, et par la Direction des études et des recherches d'EDF. Aujourd'hui, on peut estimer que le coût total de la mise au point de cette technologie est de l'ordre de 2,5 à 3 millions de francs.

Le procédé d'extraction par micro-ondes a été développé sur un prototype de 10 litres, puis validé en 1994 sur un outil industriel de 100 litres. A ce jour, le procédé aborde sa phase d'industrialisation, puisque Archimex, détenteur du brevet, a conclu un accord avec la société Pierre Guérin-Moritz, à Mauzé dans les Deux Sèvres. Celle-ci est aujourd'hui en mesure de fabriquer et de commercialiser des extracteurs de 500 à 1 000 litres. ■

C.L.

<sup>(1)</sup> essentielle : relatif à une essence alimentaire ou aromatique. <sup>(2)</sup> VMHD : Vacuum microwave hydrodistillation = Hydrodistillation par micro-ondes sous vide.

### ARCHIMEX

Situé à Vannes dans le Morbihan, le centre de recherche et de formation en chimie extractive Archimex a été créé en 1989, dans le cadre du contrat de plan Etat-Région. Financé par les collectivités territoriales, il emploie aujourd'hui 15 salariés dont 8 ingénieurs ou docteurs. Plus de 70 industriels des secteurs agro-alimentaire, pharmaceutique, cosmétique et chimique, adhèrent actuellement à cette association loi 1901.

Archimex propose des études de faisabilité technologique et économique (accès à 620 bases de données internationales) ; la réalisation des premiers échantillons nécessaires à la validation des nouveaux produits créés et la mise en œuvre des méthodes analytiques propres à leur dosage ; la préparation des kilogrammes nécessaires à la validation des procédés industriels de fabrication.

Un autre domaine dans lequel Archimex met ses compétences au service des industries, est la formation continue, destinée aux ingénieurs et cadres des entreprises ou laboratoires de recherche. En 3 ans, Archimex a accueilli près de 1 000 participants et intervenants en formation continue, dont 40 % du Grand Ouest.

En formation initiale, et pour la première fois cette année, Archimex organise, en collaboration avec l'ENSCR (Ecole nationale supérieure de chimie de Rennes), un mastère spécialisé en chimie extractive, habilité par la Conférence des grandes écoles.

**Contact : Bernard Mompon**  
Tél. 97 47 56 90



# Une biologiste à l'écoute des pêcheurs

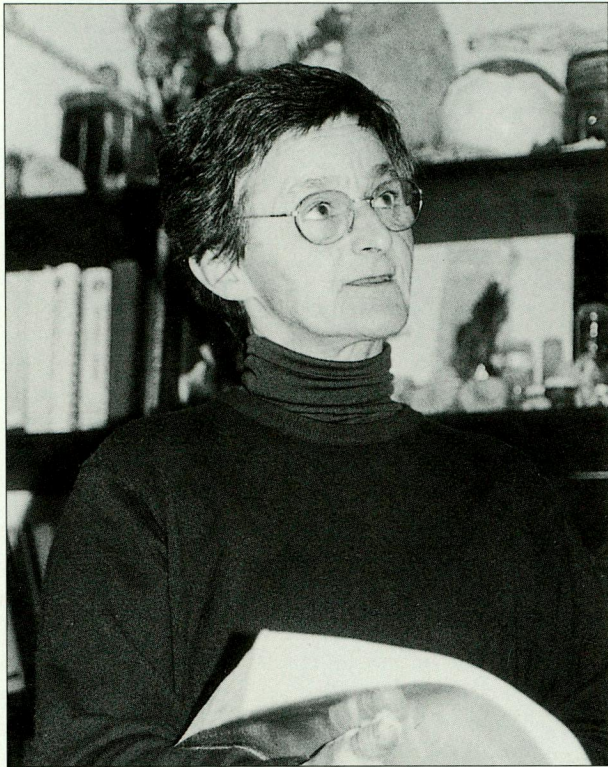


Photo: Bismarck/Gala

◀ Marie-Henriette Dubuit étudie la nutrition des poissons de fond, au laboratoire de biologie marine du Collège de France à Concarneau.

plus au sud, sur le Banc Météore, dans l'ouest des Canaries. Son travail à bord consiste à prélever des échantillons d'estomac de poisson, qu'elle conserve dans du formol et qu'elle analyse au laboratoire dès le retour à terre. Ces prélèvements sont réalisés en fonction de différents paramètres : position géographique, profondeur, nature des fonds... Le but : étudier le fonctionnement du milieu, cerner l'interactivité des différentes espèces entre elles, afin d'évaluer l'évolution des stocks et donc établir une meilleure gestion de la ressource.

## PENSER LA MER COMME UN CHAMP CULTIVÉ

"L'Anglais Beverton est le père de la dynamique des populations de poissons," explique la biologiste. "En 1957, il a émis une idée tout à fait nouvelle, celle de penser la mer comme un champ qu'on cultive. Pour cela, il a fallu mettre en place des modèles de gestion intégrant le recrutement (arrivée des juvéniles sur la pêcherie), la mortalité naturelle, la vitesse de croissance."

Les espèces d'élection de Marie-Henriette Dubuit sont les principaux gadidés exploités par les pêcheurs bretons : merlu, morue (ou cabillaud), merlan et lieu noir. "Morue et merlan," explique-t-elle "sont champions pour la rapidité de croissance. La morue grandit à toute allure en mer Celtique, où elle s'est beaucoup développée malgré son exploitation importante. Pourquoi ? Il n'existe pas d'exploitation complète."

*Détachée par le CNRS au laboratoire de biologie marine du Collège de France, à Concarneau, Marie-Henriette Dubuit perce les secrets de la nutrition des poissons qui vivent au fond des océans. Son travail implique une forte présence sur un terrain particulier, les bateaux de pêche.*

"Après le bac, j'ai tout de suite su que je voulais me consacrer à la biologie marine et surtout aux poissons". Originaire de Plouzané dans le nord Finistère, Marie-Henriette Dubuit a fait ses études à la faculté des sciences de Paris. Un DEA d'océanographie biologique, sous la houlette de Pierre Drach, l'un des pères de l'océanographie, puis une thèse de troisième cycle sur les raies, avec pour maître Emile Postel, donneront le coup d'envoi à sa vocation. Nous sommes dans les années 1960, les sciences de l'océan prennent tout juste leur envol.

## À BORD DES CHALUTIERS

Entrée en 1964 au laboratoire de biologie marine de Concar-

neau, la biologiste décide, après sa thèse d'Etat, d'une orientation à laquelle elle restera fidèle durant toute sa carrière : l'étude des gadidés (poissons de fond) et notamment de leur nutrition. Elle est aujourd'hui la seule biologiste en France travaillant sur le sujet. "Les gadidés sont des poissons qui vivent sur le plateau continental. C'est un matériel facilement récoltable puisque ce sont les espèces pêchées par les chalutiers".

A son arrivée sur la côte, elle découvre un milieu très fermé : peu d'étrangers embarquaient sur les bateaux de pêche. "J'ai eu de la chance," commente Marie-Henriette Dubuit. Aujourd'hui, elle a à son actif plus de cinquante marées qui l'ont menée, le plus loin au nord, en Islande, et le

Le point clé de ce genre d'étude scientifique est de pouvoir déterminer la consommation annuelle d'un poisson, donc de connaître son effet sur le milieu. "Il me semble que les grandes fluctuations sur les stocks dépendent de phénomènes qui affectent les œufs, les larves et les juvéniles", des phénomènes dont on ignore encore à peu près tout. Selon Marie-Henriette Dubuit, "les marches sont toutes petites pour progresser dans la connaissance. Mon travail ressemble à un grain de sable dans un mur".

A la modestie du scientifique s'ajoutent les regrets : très liée au milieu des pêcheurs qu'elle connaît parfaitement, Marie-Henriette Dubuit déplore : "Il n'y a pas assez de collaboration entre scientifiques et marins. Les scientifiques perdraient moins de temps s'ils écoutaient les marins. Ne devrait-on pas essayer de les responsabiliser en leur demandant leur avis ? Mais de grâce, il faut arrêter de pêcher des juvéniles, surtout quand on sait qu'à l'arrivée au port, ils ne se vendront pas et vont être détruits !" ■

F.B.-C.

Contact : Marie-Henriette Dubuit  
Tél. 98 97 06 59

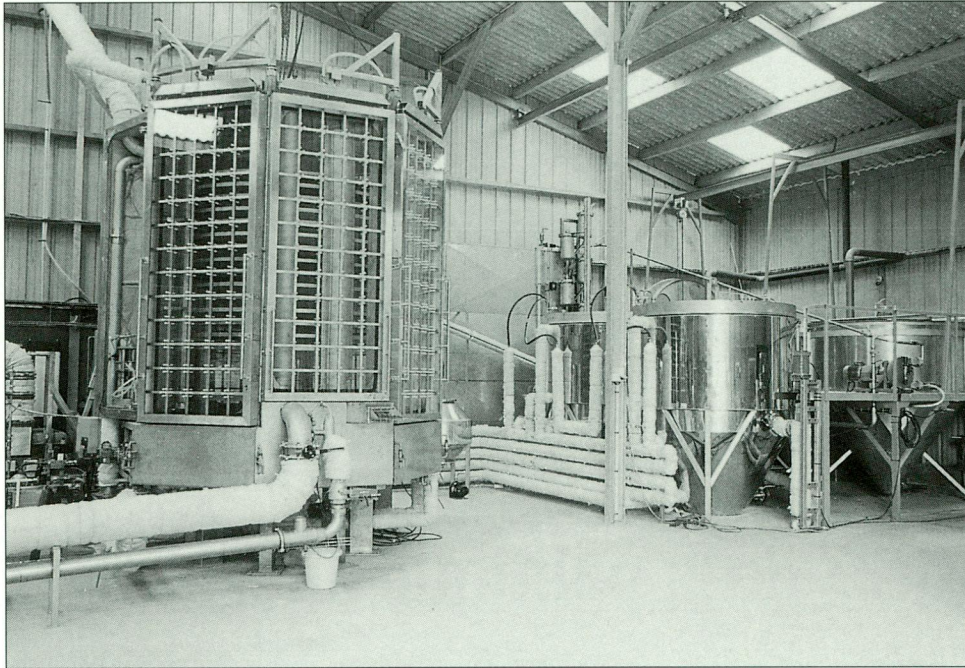
"Pourquoi les examinateurs ne posent-ils les questions aux candidats que d'une manière entortillée ? Il semblerait qu'ils craignent d'être compris de ceux qu'ils interrogent... Croit-on donc la science trop facile ?"

Réponse page 19

QUI A DIT ?



# SIRVEN ou le traitement total du lisier



◀ Une vue d'ensemble du prototype Sirven, installé à Sizun, dans le Finistère. De gauche à droite : le déshydrateur, l'échangeur, les cuves de démoussage et dégazage, le broyeur-mélangeur.

*“Lisier : mélange liquide des urines et des excréments des animaux domestiques”. Premier visé dans la pollution des eaux en Bretagne, il représente un enjeu économique considérable. En se lançant dans la conception d'un équipement capable de traiter le lisier de manière globale, les partenaires du procédé Sirven s'attaquent à forte partie.*

Les éleveurs porcins guignent des terres uniquement pour respecter leur plan d'épandage. Les autorités se demandent comment elles vont maintenir les captages d'eau dans les normes européennes. Les industriels mettent au point des procédés de traitement qui ne soient pas trop lourds financièrement... Sirven, mis au point dans le Finistère, est sans doute le plus ambitieux de ces procédés.

## L'ALCHIMIE DU LISIER

Le collectif Sirven comprend la société grenobloise Sirial, le groupe Even et trois groupements de producteurs de porcs (Prestor, LT, Cofiporc), qui avec deux millions de porcs, représentent la moitié de la production finistérienne.

*“Il n'existait aucune étude fondamentale sur le comporte-*

*ment chimique et physique du lisier”* relate Marielle Charpin, chef de produits du groupe Even. Comment évolue-t-il, quel comportement a-t-il quand on le chauffe, quels sont les gaz qui s'en évaporent... ?

Une seule réponse donne l'étendue du problème : le lisier chaud se transforme en mousse dont le volume est dix fois supérieur au volume initial ! Sans négliger la corrosion que provoque une telle alchimie sur les matériaux.

## HUIT ANNÉES DE RECHERCHE

Il aura fallu huit années pour mettre au point le prototype, désormais opérationnel dans une ferme de Sizun, dans le Finistère. La commercialisation devrait ainsi débuter courant 1995 par la fabrication d'une pré-série de cinq

à dix machines. D'un montant qui s'élève aujourd'hui à 30 millions de francs, le programme a bénéficié de fonds publics à hauteur de 35 %, répartis à part égale entre le Conseil général du Finistère, la Région Bretagne et l'Etat.

Pour qualifier Sirven en un mot, il s'agit d'un système de déshydratation. Le lisier, traité le plus rapidement possible après son émission, est élevé en température, puis broyé. Il est ensuite totalement déshydraté et se présente sous la forme d'une poudre à 85 % de matière sèche. Cette poudre est stérile, car le lisier est maintenu 4 heures à plus de 100 °C. Ces poudres de lisier pourront rentrer dans la composition de divers engrais recherchés, entre autres, dans les régions de vignobles et de vergers, hors de Bretagne en somme.

Pour que la dépollution soit totale, il fallait également éviter tout rejet nuisible. Les promoteurs de Sirven disent y être parvenus : l'azote et le phosphate sont bloqués dans la poudre. Les gaz et odeurs résultant du réchauffage du lisier sont utilisés pour élaborer un coproduit valorisable.

Les liquides refroidis issus de la déshydratation du lisier rejoignent le circuit des eaux pluviales et sont conformes aux normes de rejet (aucun rejet d'azote, de phosphore ou de potasse). Le procédé utilise aussi en interne une partie de l'énergie qu'il génère. Ainsi la vapeur provenant de l'évaporation du lisier est-elle récupérée, recondensée et réutilisée en énergie de déshydratation.

## 30 À 40 FRANCS PAR PORC

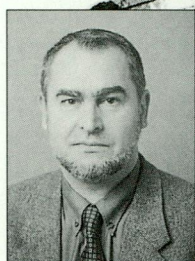
La viabilité d'un tel procédé dépendra bien sûr de son coût effectif. Le collectif Sirven avance le chiffre de 30 à 40 francs par porc en charge additionnelle, soit environ 50 à 60 francs par m<sup>3</sup> de lisier traité. Il ne survivra pas non plus à l'absence de filière, d'où l'objectif des entrepreneurs de créer ce qu'ils appellent une “unité centralisée”, qui assurera à la fois le ramassage dans les élevages de porcs, le service après vente et la maintenance préventive, ainsi que la valorisation et la vente des produits.

Différents produits sont envisagés : engrais de gros tonnage, engrais plus sophistiqués, substrats de cultures divers, aliments pour bétail, produits industriels de grande valeur ajoutée... La “filière du traitement du lisier” est une idée en marche. ■

J.P.

Contact : Marielle Charpin  
Tél. 98 85 51 14





Alain  
Nouailhat.



La Délégation régionale  
Bretagne-Pays de la Loire, près  
du parc Oberthur à Rennes.

## Les effets positifs de la politique du CNRS

*Alain Nouailhat, délégué régional du CNRS pour la Bretagne et les Pays de la Loire, nous propose cette réflexion sur l'évolution du CNRS et sur la politique menée ces dernières années.*

On a beaucoup parlé, ces derniers temps, d'une évolution fatale du CNRS entraînée par l'augmentation de sa masse salariale aux dépens de ses moyens, le pourcentage étant passé en trente ans de 50 % à 80 %. Compte tenu de la part importante de grands programmes, il ne reste plus grand chose à notifier aux laboratoires... Le financement apporté par le CNRS est insuffisant, certes, mais ceci n'a-t-il pas conduit à des effets finalement plus positifs qu'on ne le croit ? Voire à une efficacité accrue de notre organisme de Recherche fondamentale ?

Le fait que l'on ait une puissante recherche fondamentale, reconnue partout comme telle dans le monde, est indéniable. La qualité des hommes, chercheurs et ITA<sup>(1)</sup>, en est la raison principale. Donc, avoir privilégié "l'axe" humain apparaît déjà comme une politique ayant porté ses fruits. A l'inverse, une évolution du CNRS devenant une simple agence de moyens serait discutable...

### Mais il y a plus.

Le manque relatif de moyens, corrélé avec l'excellence de la matière grise, a conduit les laboratoires à une ouverture considérable sur les besoins de la société, en recherchant par des contrats les moyens qui leur manquaient. Le monde scientifique a été obligé de rechercher des appuis, de plonger des racines dans le milieu socio-économique. Un exemple type est le Département des sciences pour l'ingénieur, dont la recherche est à l'intersection des disciplines fondamentales et des besoins sociaux exprimés. On est loin des contrats "alimentaires" ! Qui s'en plaindrait ?

### Mais il y a plus.

Le monde scientifique, dans sa quête (insatiable !) de nouveaux financements, a su se faire entendre du monde régional, départemental, voire du district, de la ville. Ainsi, les collectivités territoriales ont reconnu et aidé la recherche. Dans certains cas même, elles la courtisent, facilitent son

développement. Une mode ou une prise de conscience de l'importance de la recherche au sein de notre société ? Au moins une image de marque d'un développement régional, le plus souvent concerté avec la politique nationale de recherche.

Qui s'en plaindrait ?

### Mais il y a plus.

Le monde scientifique, déjà international par vocation et par obligation, est peut-être plus réceptif aux appels d'offre internationaux, en particulier européens. Il s'intègre dans de grands schémas de développement programmés au niveau des moyens, dans lesquels restent libres sa créativité et son aptitude à trouver. On peut aussi trouver sa voie personnelle dans les grands axes communautaires et, depuis longtemps, la science se fait sans frontière. Pensons au CERN<sup>(2)</sup>, au programme d'exploration des océans... Qui s'en plaindrait ?

On peut aussi remarquer que partout où la recherche avait un financement propre suffisant, sans nécessité de s'ouvrir sur l'extérieur, les risques de sclérose ont été bien réels. La pression de nécessité est aussi un élément moteur de la vie... Alors était-ce une

mauvaise politique que de privilégier l'homme ?

Aujourd'hui, les problèmes de financement du CNRS n'ont guère d'incidence sur les laboratoires intégrés dans cette logique, et les plus touchés sont évidemment ceux qui n'ont que le soutien du CNRS pour subsister. Il en faut, bien sûr, mais relativisons.

Faut-il faire un psychodrame d'une évolution qui nous a donné l'une des meilleures recherches fondamentales du monde ? Faut-il réenclaver la recherche dans des centres élitistes et privilégiés ?

Ou bien réfléchir avec tous les partenaires intervenant dans le financement de nos recherches, afin d'aboutir à une cohérence de l'action et conserver au CNRS la liberté de ses grands choix stratégiques. Là se trouve le cœur du débat, dont la réponse devra nous permettre de continuer, avec une efficacité accrue, à assurer notre mission." ■

**Alain Nouailhat**

Délégué régional du CNRS  
Bretagne-Pays de la Loire.

<sup>(1)</sup> ITA : Ingénieurs, techniciens et administratifs. <sup>(2)</sup> CERN : Centre européen de recherche nucléaire.



## COCEB *Conférence des Chambres économiques de Bretagne*

**Statut juridique :** Association loi 1901, créée en 1985.

**Nombre d'adhérents :** 20 établissements publics consulaires.

**Membres :** La Chambre régionale d'agriculture et les quatre Chambres d'agriculture • la Chambre régionale de commerce et d'industrie et les huit Chambres de commerce et d'industrie • la Chambre régionale de métiers et les cinq Chambres de métiers de Bretagne.

**Missions :** Favoriser la concertation, être une force de proposition entre les Compagnies consulaires et assurer une représentation auprès des Pouvoirs publics • promouvoir le secteur agro-alimentaire breton au travers de manifestations en France et en Europe.

**Activités :** Organisation de stands collectifs sur des salons professionnels agro-alimentaires internationaux : SIAL (France), ANUGA (Allemagne), IFE 5 (Grande-Bretagne), Alimentaria (Espagne) • coordination des entreprises bretonnes approvisionnant le buffet de départ des étapes du Tour de France en relation avec SODEXHO.

**Nombre d'employés :** 0.

**Correspondants :** Les présidences des Chambres régionales • pour les manifestations, contactez Catherine Matte (CRCI : 99 25 41 33) ou Maryvonne Munier Goarin (CRAB : 99 59 43 33).

**Adresse :** COCEB, 1, rue du Général Guillaudot, 35044 Rennes Cedex, tél. 99 25 41 41.

RESEAU FÉVRIER 95 - N°108

## OBSERVATOIRE DE L'ENVIRONNEMENT LITTORAL ET MARIN

**Statut juridique :** Groupement d'intérêt public (GIP) en constitution (entre plusieurs collectivités et organismes de l'Etat) depuis début 1994. Auparavant, l'OELM était un comité fonctionnant au Conseil régional Nord-Pas de Calais (1980-1990), puis un outil délégué en gestion à Espace naturel régional (ENR), organisme associé au Conseil régional Nord-Pas de Calais, de 1991 à 1993.

**Structures :** Ce centre de transfert de données scientifiques regroupe l'équipe purement observatoire et la délégation du conservatoire du littoral pour la Manche.

**Financement :** 50 % par la Région Nord-Pas de Calais et 50 % par la Communauté européenne (FEDER).

**Objectif :** Mobiliser et valoriser les données produites dans les disciplines traitant d'environnement littoral et marin de la Manche et de la mer du Nord.

**Missions :** Principalement missions d'interface entre producteurs de données scientifiques (IFREMER, CNRS...) et usagers institutionnels et professionnels du littoral de la Manche et du sud de la mer du Nord.

**Activités :** Structures d'outils techniques (systèmes d'information géographique, banque de données, fonds documentaires...) • transferts de données sur thèmes spécialisés • mise en réseau au niveau interrégional et international • système d'alerte.

**Nombre d'employés :** 8 personnes.

**Correspondant :** Jean-Louis Vassallucci, directeur.

**Adresse :** Observatoire ELM, Le Riverside, Quai Giard, 62930 Wimereux, tél. 21 87 69 00, fax 21 87 69 19.

RESEAU FÉVRIER 95 - N°108

## TECHNOLOGIES PLUS PROPRES ET PLUS EFFICACES DE L'ENERGIE

PROGRAMME  
EUROPÉEN

**Durée :** 1994-1998.

**Montant :** 967 millions d'Ecus, soit plus de 6 milliards de francs.

**Décision :** Proposition de décision du Conseil arrêtant un programme spécifique de recherche, de développement technologique et de démonstration dans le domaine de l'énergie non nucléaire • intitulé "Technologies pour une production et une utilisation plus propre et plus efficace de l'énergie" (JOCE du 17/8/94).

**Objectifs :** Ce programme doit permettre la conception et la démonstration de technologies garantissant un approvisionnement durable en énergie, en harmonie avec l'environnement. Ceci passe, notamment, par l'amélioration des technologies actuelles relatives à la conversion et à l'utilisation de l'énergie provenant des combustibles fossiles, et par la recherche et le développement en matière d'énergies renouvelables.

**Domaines de recherche et de démonstration : 1/ amélioration de la conversion et de l'utilisation de l'énergie :** réduire les émissions polluantes, accroître l'efficacité de la conversion et l'utilisation de l'énergie provenant des combustibles fossiles, par le développement des technologies propres du charbon (conversion en électricité, utilisation des piles à combustible, mise au point de batteries utiles à la traction routière électrique...) • **2/ énergies renouvelables :** ces différentes formes d'énergie, loin d'avoir dégagé tout leur potentiel et, pour la plupart, encore éloignées des conditions du marché, feront l'objet d'efforts de recherche et de démonstration portant sur les domaines de l'énergie solaire, photovoltaïque, éolienne, biomasse, géothermique... Des actions de démonstration mettront ces technologies en application dans les secteurs du bâtiment, de l'industrie et des transports.

**Modalités :** Action à frais partagés couvrant les projets de recherche et développement technologique et les projets de démonstration, conduits en cofinancement (avec une participation maximum de 40 % du coût éligible des projets) • action concertée servant à la coordination des projets et mesures spécifiques (mise en place d'outils à vocation générale au service des centres de recherche) • mesures de préparation et d'accompagnement.

**Contact Euro Info Centre :** Tél. 99 25 41 57.

RESEAU FÉVRIER 95 - N°108

## LA BRETAGNE EN CHIFFRES

### UNIVERSITÉ DE RENNES 2 HAUTE BRETAGNE

L'université de Rennes 2 Haute Bretagne vient de fêter ses 25 ans. Ce fut l'occasion de nombreuses manifestations culturelles, dont la sortie d'un ouvrage "Entre fidélité et modernité", retraçant l'histoire de ces 25 années.

Aujourd'hui, l'université de Rennes 2 Haute Bretagne compte 21 829 étudiants, dont 18 968 à Rennes, 1 216 à Vannes, 1 074 à Lorient et 571 à Saint-Brieuc, répartis pour la majorité en 5 UFR (Unité de formation et de recherche).

	1 <sup>re</sup> année	2 <sup>e</sup> année	Licence	Maîtrise	Agrég.	DESS <sup>(1)</sup>	DEA <sup>(1)</sup>	Doctorat
UFR Langues	1970	1775	1284	865	66	26	57	48
UFR Sciences sociales	2091	1340	998	669	72	50	70	62
UFR Sciences humaines	973	904	1047	722	(rien)	133	142	76
UFR Arts, lettres, communication	1281	951	1055	863	82	(rien)	130	71
UFR Activités physiques et sportives	150	201	178	193	(rien)	(rien)	16	2
<b>Total</b>	<b>6465</b>	<b>5171</b>	<b>4562</b>	<b>3312</b>	<b>220</b>	<b>209</b>	<b>415</b>	<b>259</b>

<sup>(1)</sup> DEA : Diplôme d'étude approfondie ; DESS : Diplôme d'études supérieures spécialisées.

RESEAU FÉVRIER 95 - N°108



# IBC'94 : une première pour la télévision numérique

Quinze mois après la démonstration de diffusion numérique terrestre de télévision de Montreux'93, l'IBC'94 (International broadcasting convention) d'Amsterdam marque un nouveau succès des équipes du CCETT<sup>(1)</sup>, engagées sur le chemin du projet européen de télévision numérique.

L'IBC'94 représente en effet un jalon décisif sur la voie qui mène France Télécom vers les déploiements expérimentaux, puis commerciaux, de la télévision numérique sur ses réseaux de distribution par câble et par satellite, dès la fin de 1995.

La première chaîne complète de télévision numérique, entièrement conforme aux spécifications DVB<sup>(2)</sup>, a été présentée aux visiteurs d'IBC en avant-première, à Amsterdam du 16 au 20 sep-

tembre dernier. Les équipements de codage, embrouillage, multiplexage et modulation satellite se trouvaient au CCETT à Rennes. Quatre programmes de télévision, émis depuis le CCETT et transmis sur un répéteur du satellite Télécom 1C, étaient reçus à Amsterdam sur des terminaux intégrés (sélectionneur-décodeur-désembrouilleur), pour différentes démonstrations illustrant la réception par satellite et la distribution sur les réseaux de câbles.

## UNE COLLABORATION AVEC PHILIPS ET THOMSON

Du point d'encodage aux récepteurs prototypes intégrés, France Télécom démontrait ainsi sa volonté de répondre aux besoins de ses futurs clients sur la base d'une technologie ouverte et normalisée. Cette opération s'est effectuée sous la maîtrise d'œuvre technique du CCETT, en collaboration avec les industriels Philips et Thomson. Le résultat direct est une impressionnante interopérabilité des équipements développés. Cette collaboration se positionne naturellement dans l'ensemble des activités du CCETT en télévision numérique, et plus particulièrement dans le programme d'action "outils de tests de télévision numérique".

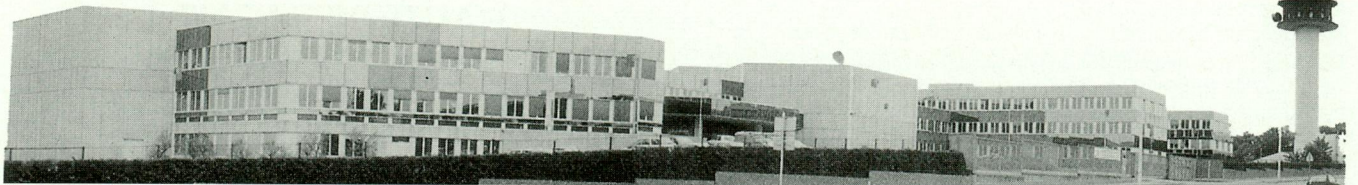


Le salon IBC'94 a, pour la première fois, montré une chaîne complète de télévision numérique européenne, par câble et par satellite.

L'IBC'94 affirme et consolide ainsi le rôle moteur du CCETT en France et en Europe, comme développeur d'une plate-forme d'intégration et de validation des services de télévision numérique multi-supports. ■

<sup>(1)</sup> CCETT : Centre commun d'études de télédiffusion et télécommunications. <sup>(2)</sup> DVB (Digital Video Broadcasting) : Instance de coordination européenne, regroupant plus de 145 sociétés (diffuseurs, opérateurs, industriels, administrations). Ce groupe prépare la normalisation de la télévision numérique en Europe.

Contact : Françoise Scarabin  
Tél. 99 12 41 98



## Le Centre Commun d'Etudes de Télédiffusion et Télécommunications

Le CCETT, Centre de Recherche commun à France Telecom et à TDF (Télédiffusion de France), contribue activement à l'essor de l'Audiovisuel et de la Télématique en France et dans le monde. Créé à Rennes en 1972 et organisé en Groupement d'Intérêt Economique depuis 1983, il accueille dans ses locaux 400 personnes. Situé au cœur du Technopole de Rennes Atalante, le CCETT conduit une politique active de valorisation de ses travaux auprès des entreprises de la région.

Les travaux du CCETT portent sur :

■ **les services de télévision numérique** sur : câble coaxial, fibre optique, satellite et réseaux hertziens. Ces thèmes recouvrent les différentes composantes techniques des services et des terminaux, les procédures et outils de tests associés, ainsi que l'étude des différents usages.

■ **les services multimédias** : services de consultation de documents audiovisuels ou services multimédias à destination de mobiles s'appuyant sur la coopération de réseaux de diffusion et de télécommunications.

■ **les terminaux multiservices** mettant en synergie différents services de base tels que la télécopie, la vidéographie, le téléphone, la messagerie, etc.

**Parmi les innovations marquantes** dont la paternité peut être, sans contestation, attribuée au CCETT, il y a la norme X25 et le réseau TRANSPAC, le MINITEL et les services du réseau TELETEL, le premier studio de Télévision numérique, la norme Eurocrypt avec le développement du système Visiopass pour la télévision payante, les techniques de base pour la radiodiffusion sonore numérique et la diffusion numérique de télévision pour le câble, l'hertzien et le satellite.

**Dans tous ses domaines d'étude**, le CCETT prend une part active à la promotion des conceptions françaises dans les organismes internationaux de normalisation, ainsi que dans les programmes européens de Recherche et Développement (ESPRIT, RACE, EUREKA...)

CCETT

4, rue du Clos Courtel - B.P. 59  
35512 CESSON-SÉVIGNÉ Cedex  
Tél. (33) 99.12.41.11 - Fax : (33) 99.12.40.98



# LES MATHÉMATIQUES APPLIQUÉES EN BRETAGNE

**L**es mathématiques étudient les propriétés d'objets abstraits : les nombres, les figures géométriques, les fonctions, les espaces... ainsi que les relations qui s'établissent entre eux. Leurs applications sont multiples. Le physicien, le chimiste et le biologiste doivent rendre compte des phénomènes naturels, souvent très complexes, et font appel aux mathématiques pour établir des modèles relativement simples, quoique imparfaits.

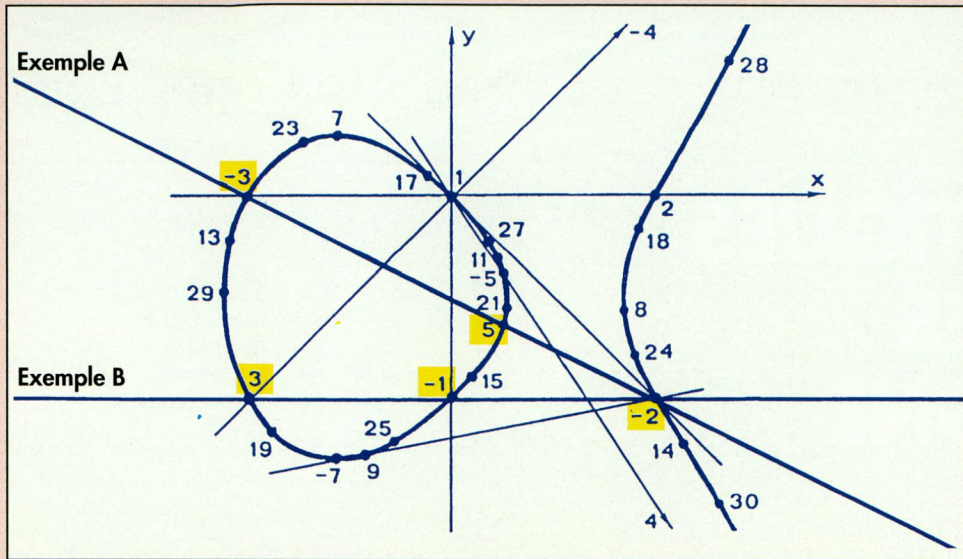
La Bretagne compte plusieurs équipes de recherche en mathématiques : à Rennes où se situe l'IRMAR, Institut de recherches en mathématiques, à Vannes où règnent les statistiques. A Brest, l'École nationale supérieure des ingénieurs des études et techniques d'armement (ENSIETA) se penche sur les applications des réseaux de neurones, quand il faut, avec les outils mathématiques adaptés au système binaire de nos ordinateurs, prendre en compte le "ni oui ni non", le "ni 1 ni 0" des données fournies par la réalité.

Derrière une image encore austère, s'active une communauté de chercheurs particulièrement astucieux. Loin de se limiter à la résolution de grandes équations abstraites, ils emploient tout leur art à simplifier les problèmes complexes, que l'on ne sait pas traiter, pour en faire des problèmes simples, pour lesquels nous sommes capables aujourd'hui de trouver des solutions, grâce aux nouvelles théories (fractales, théorie des catastrophes, des distributions...).

C'est ainsi que l'on retrouve, dans la résolution de problèmes bien réels, comme la sécurité informatique ou la modélisation du cerveau humain, les équations qui autrefois blanchissaient les tableaux noirs de nos lycées pour, croyait-on, le seul plaisir de "faire des maths". ■

Visualisation bidimensionnelle des zones non chaotiques d'un système forcé. Le concept de "chaos" sous-entend un comportement erratique et imprévisible. Cette visualisation a été réalisée par le Centre de mathématiques appliquées, URA CNRS 756, à Palaiseau (91).





◀ Cette figure présente les points à coordonnées rationnelles de la courbe elliptique d'équation  $y^2 + y = x^3 - x$ . Toute courbe elliptique possède une loi d'addition naturelle ; ici, la somme de 3 points alignés est égale à 0. Exemple A :  $-3 + 5 - 2 = 0$  ; exemple B :  $3 - 1 - 2 = 0$ .

## La géométrie algébrique en Bretagne

*De nos jours, l'utilisation des méthodes très puissantes de la géométrie algébrique contribue à faire de la théorie des nombres une des branches les plus vivantes et les plus attractives des mathématiques. C'est ce que montre l'équipe de Géométrie algébrique de l'IRMAR, à Rennes.*

Cette équipe possède un profil original, axé principalement sur les aspects arithmétiques de sa discipline. Associée au CNRS dès 1974, sous la direction de Pierre Berthelot, professeur à l'université de Rennes 1, elle est devenue l'une des composantes de l'IRMAR (Institut de recherche mathématique de Rennes), lors de sa création en 1979. Elle regroupe aujourd'hui 4 professeurs, 3 maîtres de conférences, 2 chargés de recherche et une dizaine de thésards. Son développement en fait l'un des partenaires essentiels du réseau européen centré sur ce sujet.

### QU'EST-CE QUE LA GÉOMÉTRIE ALGÈBRE ?

En simplifiant, on peut dire que la géométrie algébrique a pour objet l'étude des systèmes d'équations algébriques en un nombre quelconque de variables. L'ensemble des solutions d'un tel système constitue un objet géométrique complexe : ainsi, une équation à 2 variables définit une courbe dans le plan, une équation à 3 variables, une surface dans

l'espace à 3 dimensions, un système de 2 équations à 3 variables, une courbe dans l'espace... L'étude de ces objets, appelés "variétés algébriques", met en œuvre les techniques de l'algèbre et de la géométrie, et souvent aussi celles de la "théorie des nombres" (voir page 15 "Pour en savoir plus").

Les recherches de l'équipe de Géométrie algébrique sont principalement orientées vers ces problèmes liés à la théorie des nombres, comme l'étude des solutions de systèmes d'équations algébriques à valeurs entières, ou dans certains corps particuliers<sup>(1)</sup>. Un aspect particulier est l'étude de certaines courbes importantes en arithmétique, comme les courbes elliptiques ou les courbes modulaires.

### LE CALCUL MODULO N

Dans l'étude arithmétique des variétés algébriques, on emploie une méthode fondamentale, issue de la théorie des nombres : la réduction modulo  $n$ <sup>(2)</sup> des données à valeurs entières,  $n$  étant un entier fixé. Le principe en est très

simple : toute quantité multiple de  $n$  est considérée comme nulle. Lorsque  $n$  est un nombre premier, traditionnellement noté  $p$ , les règles de calcul obtenues sont en tout point semblables aux règles habituelles.

L'ensemble construit ainsi, appelé "corps fini", est composé des classes des nombres entiers allant de 0 à  $p-1$ . Il peut alors être enrichi par toutes les constructions usuelles de l'algèbre : polynômes, racines d'équations algébriques, vecteurs, matrices... De cette manière, on fabrique des objets géométriques plus simples, dont les propriétés reflètent ceux du monde réel.

### DES RETOMBÉES TECHNOLOGIQUES

Si les problèmes de la géométrie algébrique sont en général du domaine de la recherche fondamentale, ils ont aussi des applications technologiques parfois inattendues. Omniprésent dans la technologie actuelle, le codage binaire des données se prête directement par sa nature au calcul modulo  $n$ . C'est ainsi que la sécurité des transactions électroniques repose souvent sur la méthode de cryptographie à clé publique, dite RSA, basée sur l'impossibilité, lorsque  $p$  et  $q$  sont deux grands nombres premiers, de retrouver  $p$  et  $q$  en connaissant seulement le

### Un prix de l'Académie des sciences

Le prix "Charles-Louis de Saulces de Freycinet" a été décerné cette année par l'Académie des sciences à Pierre Berthelot pour ses travaux, qui ont permis le développement de certaines théories, dites "cohomologiques", grâce auxquelles on peut réduire le calcul d'informations sur des objets géométriques à des problèmes d'algèbre linéaire.

produit  $n = pq$ , même avec l'aide des ordinateurs les plus puissants.

La géométrie algébrique modulo  $p$  intervient aussi dans la construction des codes correcteurs d'erreurs les plus performants, basés sur les points de certaines courbes algébriques à coordonnées dans un corps fini. Grâce à l'augmentation continue de la puissance de calcul des microprocesseurs, l'utilisation de telles techniques, mettant en œuvre des algorithmes sophistiqués, deviendra de plus en plus fréquente dans les années à venir. ■

Pierre Berthelot

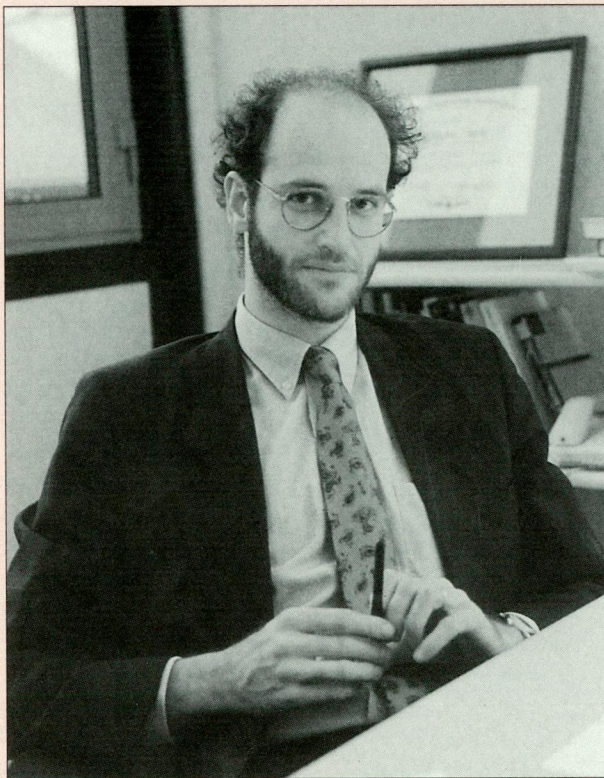
<sup>(1)</sup> corps : ensemble régi par les lois fondamentales de l'addition et de la multiplication des nombres. <sup>(2)</sup> modulo  $n$  : relation d'équivalence entre deux entiers dont la différence est un multiple de  $n$ .

Contact : Pierre Berthelot  
IRMAR - Tél. 99 28 60 43



# Les réseaux neuronaux en quête de genèse

*Les réseaux neuronaux fonctionnent. Pourtant, personne ne sait vraiment "pourquoi ça marche". C'est pour éclaircir la situation que l'ENSIETA, l'Ecole nationale supérieure des ingénieurs des études et techniques d'armement de Brest, organise, en février et en mars 1995, un séminaire sur le thème des "méthodes mathématiques pour réseaux de neurones".*



◀ Formé à Paris-Dauphine et après un passage de quatre ans chez Thomson-CSF, Nicolas Seube est responsable du nouveau département d'électronique, automatique et informatique de l'ENSIETA à Brest.

## LE THÉORÈME DE BARRON

Sur quel principe de base s'appuyer pour éviter cela ? Par exemple, sur le théorème de Barron, qui date des années 1980. Suivant la régularité de la fonction à approcher, et la précision escomptée, il permet d'estimer le nombre minimal de cellules élémentaires à déployer dans un modèle à une seule couche. En d'autres termes, comme toutes les cellules (d'entrée, de sortie et intermédiaires) sont interconnectées, il y a moyen de prévoir leur nombre en suivant un algorithme mathématique bien défini.

"Il est important de revenir à cette base," commente le mathématicien, "car on bute sur certaines limites : alors que des modèles simples résolvent des problèmes compliqués, on utilise de plus en plus aujourd'hui des modèles extrêmement compliqués, qui s'avèrent d'analyse très délicate". Le théorème de Barron, d'un point de vue pratique, permet aussi de réduire le nombre de cellules à implanter au niveau des micro-ordinateurs qui simulent les réseaux de neurones. Résolument axé sur la théorie, le séminaire brestois montre que les réseaux neuronaux ne sont pas un gadget de l'histoire des sciences ! ■

J.P.

"On peut aujourd'hui comparer l'engouement pour les réseaux de neurones à celui qu'avait provoqué, à une certaine époque, l'intelligence artificielle et les systèmes experts. Ceux-ci n'étaient rien d'autre, finalement, que des langages de programmation". Enseignant-chercheur à l'ENSIETA, Nicolas Seube ne se paie guère de mots : les réseaux de neurones ont trouvé de nombreuses applications, mais elles sont basées sur des "modèles arbitraires", des "métaphores biologiques approximatives" du fonctionnement du cerveau humain. En un mot, ce sont des systèmes empiriques. D'où sa volonté d'en venir aux bases théoriques, à travers une série de conférences autour des méthodes mathématiques.

La première de ces conférences a eu lieu en septembre dernier. Deux autres sont à venir : le 13 février, avec Marie Cottrell (université de Paris 1), sur la prédiction de séries temporelles ; le 13 mars, avec Alain Lemer (société

Thomson-Sintra), à propos de la classification de signaux non-stationnaires par réseaux de neurones.

"Nous voulons mettre l'accent sur les aspects théoriques des réseaux de neurones, et sur les méthodes mathématiques permettant de proposer des alternatives constructives aux algorithmes neuronaux existants".

## LES BITS DE LA MACHINE

Les réseaux neuronaux sont définis comme étant des systèmes artificiels, basés sur des calculs informatiques et conçus, approximativement, sur le modèle du traitement de l'information par les humains. Les bits de la machine, unités du langage binaire, apprennent à se substituer à la physique des neurones du cerveau. Les applications de ces réseaux sont variées, englobant la reconnaissance des formes et des images, la reconnaissance et la synthèse de la parole, la robotique (auto-apprentissage du robot), l'automatique

(commande de procédés industriels de fabrication), et bien d'autres domaines encore, allant de la mise en conservation des haricots aux virtualités d'évolution de la vie sur une planète.

## "POURQUOI ÇA MARCHE"

L'objet du séminaire organisé par Nicolas Seube est de savoir "pourquoi ça marche". Ce n'est pas si évident. Un réseau de neurones est avant tout un système à entrée-sortie : le dispositif, qui reçoit des signaux à l'entrée, est capable de les traiter en tenant compte de leurs caractéristiques. Il en ressort un signal qui est la résultante des opérations effectuées. "Si on prend un modèle où les neurones sont répartis sur plusieurs couches, on s'aperçoit souvent qu'il y a surdimensionnement des paramètres par rapport au problème. Ce qui empêche toute analyse fine des résultats". Ça marche, mais en quelque sorte à l'aveuglette, par accumulation de moyens.

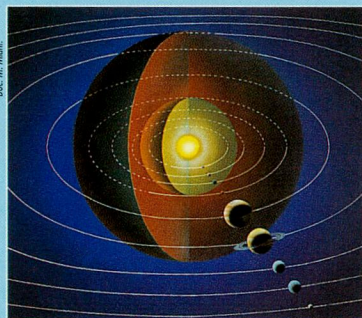
Contact : Nicolas Seube  
Tél. 98 34 88 88



## ■ La médaille Fields 94 : une bonne année !

Deux mathématiciens français sont lauréats de la médaille Fields 1994, équivalent du prix Nobel en mathématiques : **Pierre-Louis Lions**, professeur à l'université Paris-Dauphine, dirige le Centre de recherche de mathématiques de la décision (Ceremade, URA CNRS 749). Toujours à la recherche de théorèmes d'existence, nécessaires à la validation de tout modèle mathématique d'un phénomène physique, il a activement participé à de nombreuses avancées, notamment dans le domaine du traitement d'images, de la mécanique des fluides, de la théorie cinétique des gaz... Pierre-Louis Lions, à 38 ans, est pour le monde mathématique celui qui a tordu le cou à la non-linéarité des évolutions naturelles !

**Jean-Christophe Yoccoz**, professeur à l'université Paris-Sud, est membre du Laboratoire de topologie et dynamique (URA CNRS 1169). Reçu premier à l'École normale supérieure, à l'École polytechnique et à l'agrégation de mathématiques, il est considéré comme le plus brillant spécialiste de la théorie des systèmes dynamiques. Cette théorie consiste à étudier, à long terme, des systèmes dont on connaît l'évolution d'un instant donné à l'instant suivant.



La théorie des systèmes dynamiques permet, par exemple, d'étudier la stabilité du système solaire : l'attraction des planètes les unes sur les autres introduit de légères perturbations dans les orbites elliptiques que décrivent ces planètes autour du soleil. Ces perturbations sont-elles suffisantes pour, à la longue, éjecter une planète du système ou, au contraire, la faire tomber dans le soleil ?

## ■ L'IRMAR, l'Institut de recherche mathématique de Rennes

Cette unité de l'université de Rennes 1 est associée au CNRS (URA 305). Dirigé par Michel Crouzeix, elle regroupe 140 personnes dont 75 enseignants-chercheurs et 52 doctorants. Ses nombreux axes de recherche comprennent, entre autres, l'algèbre et la géométrie algébrique (voir article page 10), la géométrie analytique, les équations aux dérivées partielles, les probabilités et statistiques, l'analyse numérique et mécanique...

L'IRMAR organise 8 séminaires de recherche hebdomadaires portant sur différentes spécialités, et un colloquium mensuel s'adressant à un public plus large. Sa bibliothèque, la plus importante de l'ouest, regroupe 21 000 volumes et 150 abonnements à des revues mathématiques ; elle est fréquentée par environ 300 utilisateurs.

L'IRMAR participe à la formation doctorale "Mathématiques et applications" et à l'École doctorale de mathématiques Bretagne-Atlantique. Membre de plusieurs groupements de recherche CNRS, il participe aussi à de nombreux programmes de recherche internationaux (avec le Japon, la Pologne, Israël, le Canada, le Brésil...) et collabore au projet européen POSSO-ESPRIT, ainsi qu'aux programmes "Capital humain et mobilité" et "Systèmes désordonnés".

Rens. : IRMAR, tél. 99 28 60 46.

## ■ La théorie des nombres

La théorie des nombres regroupe l'ensemble des propriétés des nombres, la plupart étant démontrées ou conjecturées.

L'exemple de la théorie des nombres le plus souvent cité est le théorème de Fermat, démontré tout récemment par le Britannique Andrew Wiles. Ce théorème dit : "Si  $n$  est un nombre entier supérieur ou égal à 3, l'équation  $x^n + y^n = z^n$  est impossible,  $x$ ,  $y$  et  $z$  étant des nombres entiers". Après 3 siècles de travaux acharnés, une démonstration a enfin été apportée, mais l'écrire prendrait plus de pages que ne peut en contenir RESEAU !

# Les mathématiques appl

*"En imagerie médicale, les mathématiques font partie du quotidien" : Didier Lemoine apporte au CERIU à Rennes, ses compétences en traitement des données : il est titulaire d'une thèse sur la modélisation anatomique du cerveau.*

L'un des thèmes importants traités en imagerie médicale est la modélisation anatomique du cerveau. Il existe, pour les neurochirurgiens, un "Atlas du cerveau", publié par Talairach dans les années 50. Mais les planches de papier constituant cet atlas ne sont pas suffisamment précises. Grâce à l'informatisation de cet ouvrage de référence et à l'ajout de nouvelles données, Didier Lemoine participe à la mise en place d'un atlas anatomique tri-dimensionnel, dans le cadre du projet de recherche Atlas, mené par Christian Barillot (chercheur CNRS) et Bernard Gibaud (chercheur INSERM) au sein du laboratoire SIM<sup>0</sup>, partenaire du CERIU.

En 20 ans, de nombreuses techniques d'imagerie médicale sont apparues, complémentaires les unes des autres. Le traitement mathématique permet de synthétiser les informations provenant de ces différentes techniques.

La numérisation ouvre la voie à de nouvelles perspectives, comme la transmission des images d'un médecin à l'autre, via un réseau

de télécommunications... L'atlas du cerveau se retrouve ainsi au cœur d'un ensemble d'outils d'aide à la décision, cette dernière restant toujours sous la responsabilité du médecin ou du neurochirurgien.

## DE MATRICES EN LOGIQUE FLOUE

Pour Emmanuel Cordonnier, directeur scientifique du CERIU (voir encadré), "les mathématiques sont des outils au service des différentes disciplines scientifiques." A chaque point réel sur une image IRM (image par résonance magnétique) du cerveau d'un patient, doit correspondre un point de l'image obtenue par scanner sur le même patient, la correspondance entre les deux se calculant à l'aide d'une matrice tri-dimensionnelle, c'est-à-dire composée de trois lignes et trois colonnes : c'est une transformation "rigide".

L'atlas numérique du cerveau doit pouvoir être utilisé dans tous les cas. Or, chaque cerveau est unique : il faut donc, dans cet atlas, prendre en compte un posi-

## CERIUM

Le CERIU (Centre européen de recherche en imagerie à usage médical) a récemment engagé des démarches pour devenir une filiale de l'université de Rennes 1. "Nous serons mieux à même de répondre aux demandes de nos interlocuteurs : d'une part les chercheurs soucieux de valoriser leurs avancées technologiques, d'autre part les industriels en quête d'innovation dans le secteur de l'imagerie médicale", explique Emmanuel Cordonnier. Le CERIU emploie actuellement 10 personnes, ingénieurs et techniciens. Il travaille, entre autres, sur le développement de la version européenne du nouveau standard d'imagerie médicale, DICOM.



# quées à l'imagerie médicale

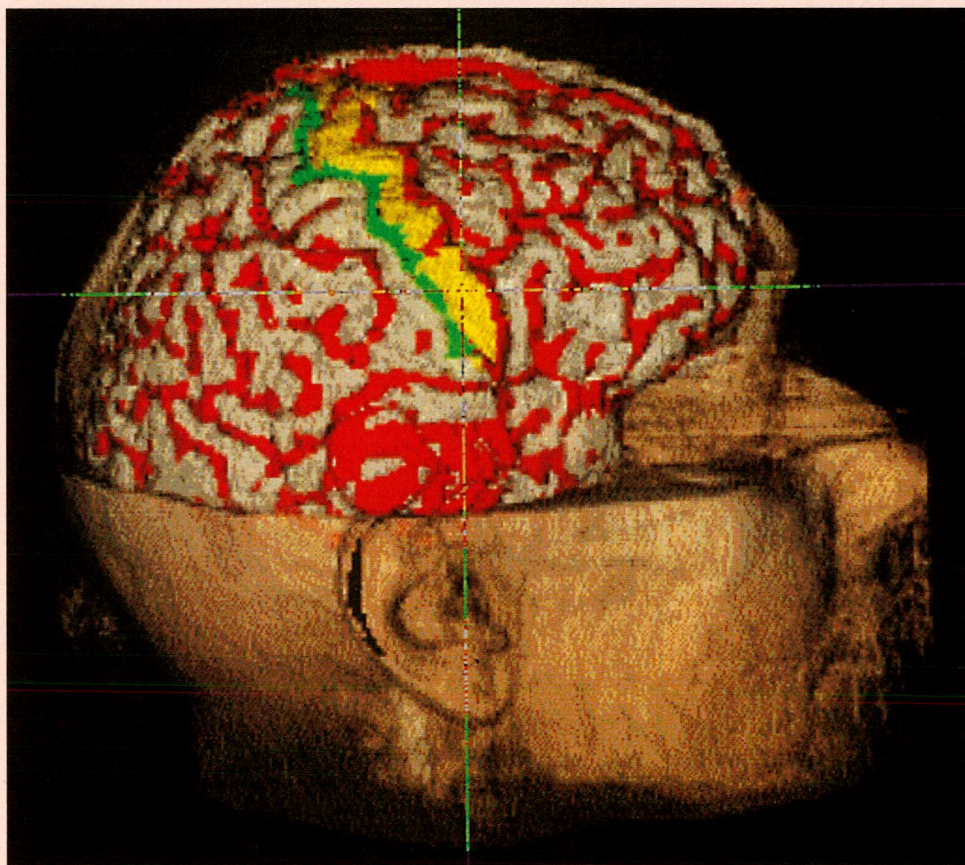


Photo CERIUM

Programme de détection automatique des sillons sur un cerveau. Ce programme fait appel à la logique floue. En vert : le sillon de Rolando sépare deux zones fonctionnelles majeures.

tionnement dit "flou" des différentes coordonnées, de manière à pouvoir y superposer n'importe quel cerveau : il faut alors faire appel à une transformation "élastique".

Une autre technique importante en imagerie médicale est la morphologie mathématique : à partir d'une forme aux contours complexes, l'alternance d'érosion et de dilatation des différents points de l'image produit une forme mieux définie. Cela permet, au choix, d'éliminer le "bruit" lié à l'instrument, ou de mettre en valeur les détails.

Mais les mathématiques ne sont là que pour assister le neurochirurgien. Lui seul pourra, au cas par cas, évaluer la morphologie du cerveau de son patient : cette morphologie peut être fortement modifiée par une tumeur cérébrale ou toute autre contusion.

## DES MOYENS IMPORTANTS

*"Prenons l'exemple d'une structure cérébrale stratégique, comme le sillon de Rolando, une région périphérique du cerveau qui délimite deux zones fonctionnelles majeures"*, explique Didier Lemoine. Grâce à l'atlas numérique, le neurochirurgien pourra situer approximativement cette structure, malgré la complexité de l'organisation tri-dimensionnelle des sillons. Une autre utilisation de la modélisation numérique sera le pilotage de l'appareil de radiothérapie, pour le traitement des tumeurs cérébrales.

Matrices, probabilités, calcul numérique, logique floue... comment ne pas évoquer aussi le calcul fractal ? Lui seul permet d'appréhender la rugosité d'une surface naturelle, l'intensité du

relief, la forme des circonvolutions cérébrales. *"Tout ceci paraît complexe, mais le domaine de l'imagerie médicale bénéficie d'importants moyens de calcul"*, souligne Emmanuel Cordonnier, qui fait remarquer par ailleurs que si l'imagerie médicale utilise les mathématiques, elle les fait aussi progresser, en leur soumettant des problèmes pertinents. L'imagerie médicale et les mathématiques font bon ménage ! ■

H.T.

<sup>(1)</sup> Laboratoire "Signaux et images en médecine (SIM)" (voir Réseau n° 94 et 101).

**Contact : Emmanuel Cordonnier et Didier Lemoine - CERIUM**  
Tél. 99 33 68 64

## QUELQUES DÉFINITIONS

■ **Fractales** : ces nouvelles figures offrent l'avantage de s'adapter aux domaines les plus variés de la biologie, de la géologie, de la médecine, de l'astrophysique... Leur nom vient de leur construction par addition de fragments, ce qui leur donne cette allure brisée. Les fractales représentent les contours d'une algue, l'extrême découpage d'un littoral rocheux, comme nos côtes bretonnes, ou le mouvement erratique d'une particule se heurtant à de multiples obstacles.

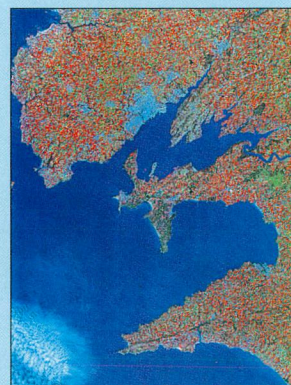


Photo Sciences Images, Adhion, Spot Image

Actuellement, seule la méthode fractale permet de décrire la complexité d'un littoral rocheux. Le découpage des côtes finistériennes est, à ce titre, un bon exemple de figure fractale.

■ **Probabilité** : nombre de cas favorables à la réalisation d'un événement, par rapport au nombre total de cas possibles. Mathématiques et philosophie sont étroitement liées, comme le montre cette doctrine, le probabilisme, selon laquelle l'homme ne peut atteindre à la vérité, et doit se contenter d'opinions fondées sur des probabilités.

■ **Statistique** : ensemble de méthodes mathématiques qui, à partir du recueil et de l'analyse de données réelles, permettent l'élaboration de modèles probabilistes autorisant les prévisions.

■ **Théorie des catastrophes** : dans une situation critique, une légère modification des paramètres peut présenter des conséquences importantes. Par exemple, un léger défaut de construction peut entraîner des vibrations importantes dans un avion traversant une zone de turbulences.

## POUR EN SAVOIR PLUS

■ **"Le monde mathématique"**, de Martin Gardner, Bibliothèque "Pour la science", diffusion Belin, 1986.

■ **"Les mathématiques aujourd'hui"**, Bibliothèque "Pour la science", diffusion Belin, 1986.



# La statistique à l'IUT de Vannes

*A Vannes, les étudiants de l'IUT mettent leurs connaissances en statistique au service des entreprises et collectivités de la région.*

Ces dix dernières années, le développement de la micro-informatique a fait évoluer le département statistique, créé en 1971 à l'IUT de Vannes<sup>(1)</sup>, vers une nouvelle définition des programmes et une nouvelle appellation en 1986 : Statistique et traitement informatique des données (STID).

Son objectif est de former de futurs techniciens supérieurs compétents en traitement de l'information, fonction encore insuffisamment connue en France, mais qui se développe. "En effet", remarque Jack Le Cunff, responsable de la formation, "les entreprises ont besoin de traiter de plus en plus d'informations, d'où la nécessité de recourir à un professionnel capable, à partir de données, d'extraire et d'analyser l'information qui permettra aux décideurs d'avoir à leur disposition les outils indispensables à un pilotage efficace de l'entreprise."

## UN PROFIL SCIENTIFIQUE

Cette année, 130 étudiants (autant de filles que de garçons), suivent l'enseignement proposé par ce département. Ils sont le plus souvent de formation scientifique, puisque environ 80 % d'entre eux sont titulaires d'un bac C, D ou E.

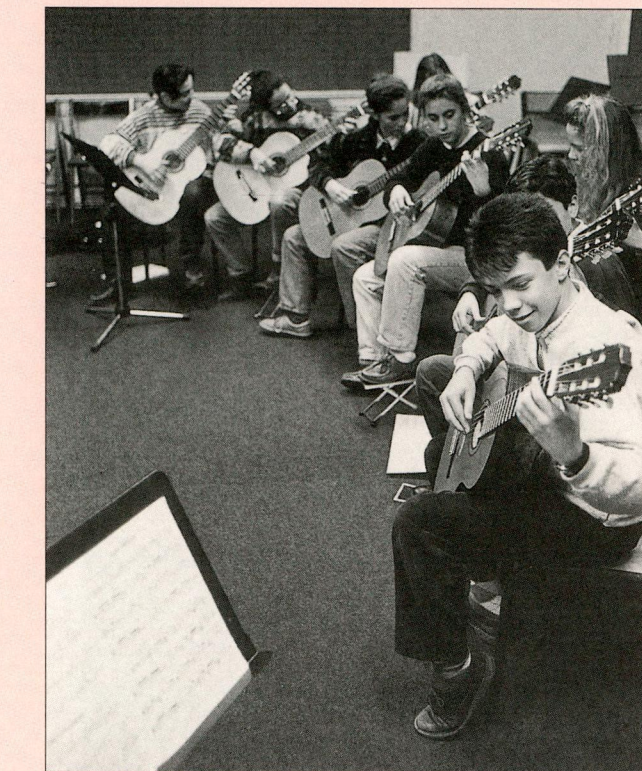


Photo Y. Bealle.

Ainsi que le souligne Jack Le Cunff, "faire des statistiques, c'est aussi utiliser les lois de probabilité, partie intégrante des mathématiques". Une bonne maîtrise des outils mathématiques et informatiques est donc nécessaire.

L'enseignement de la statistique est orienté vers l'environnement informatique (machines, systèmes d'exploitation ou réseau), la programmation et l'exploitation des bases de données. Analyse, algèbre linéaire et calcul des probabilités définissent les connaissances mathématiques à acquérir. Mais l'objectif final reste de donner une formation professionnelle à de futurs techniciens supérieurs, ce qui ne peut se concevoir sans une expérience en entreprise.

En fin de 2<sup>e</sup> année, les étudiants sont donc amenés à effectuer un stage obligatoire de 10 semaines minimum. "Le stagiaire est associé à un projet, se voit confier une tâche d'exécution, participe à l'analyse et à la communication des résultats". Ce stage permet également à l'étudiant d'acquiescer sa première expérience professionnelle.

## AIDE AUX ENTREPRISES

Se rapprocher du monde du travail est un souci pour les responsables du département STID qui, dès la première année du cycle, demandent à des équipes de 2 ou 3 étudiants de rechercher un sujet de travail à l'extérieur, auprès des entreprises locales et régionales.

Celles-ci communiquent un jeu de données aux étudiants, qui vont essayer d'en extraire des informations, pour mettre en place des indicateurs "compréhensibles" par le plus grand nombre et permettre de décrire une situation donnée. C'est déjà l'occasion d'utiliser les outils statistiques et informatiques découverts pendant

◀ Les élèves de l'Ecole nationale de musique de Vannes ont fait l'objet d'une étude statistique : à partir d'une analyse de leur emploi du temps, les étudiants de l'IUT de Vannes ont proposé une adaptation du fonctionnement de l'école.

l'année, et de sensibiliser les décideurs à ces méthodes de traitement. Ces derniers souhaitent de plus en plus avoir à leur disposition des informations pertinentes et fiables. Les étudiants sont d'ailleurs en général très bien accueillis par les entreprises. Les offres d'emploi (47 depuis septembre 1994) proposent même le libellé "cherche diplômé STID", preuve que la formation de l'IUT de Vannes est reconnue sur le marché du travail !

## LES DÉBOUCHÉS

Parmi les 80 diplômés de la promotion de juin 1993, 21 d'entre eux ont trouvé un emploi rapidement, la plupart dans la région parisienne. Si la taille des PME/PMI régionales ne leur permet pas de supporter la charge d'un statisticien, elles pensent à se regrouper pour pouvoir embaucher à ce niveau de compétence, conscientes de l'aide précieuse que peut apporter un collaborateur de cette formation pour toute prise de décision. Les besoins évoluent en même temps que les techniques, et les responsables du département STID, dans le cadre de la Commission pédagogique nationale, participent à la rédaction des nouveaux programmes. ■

C.L.

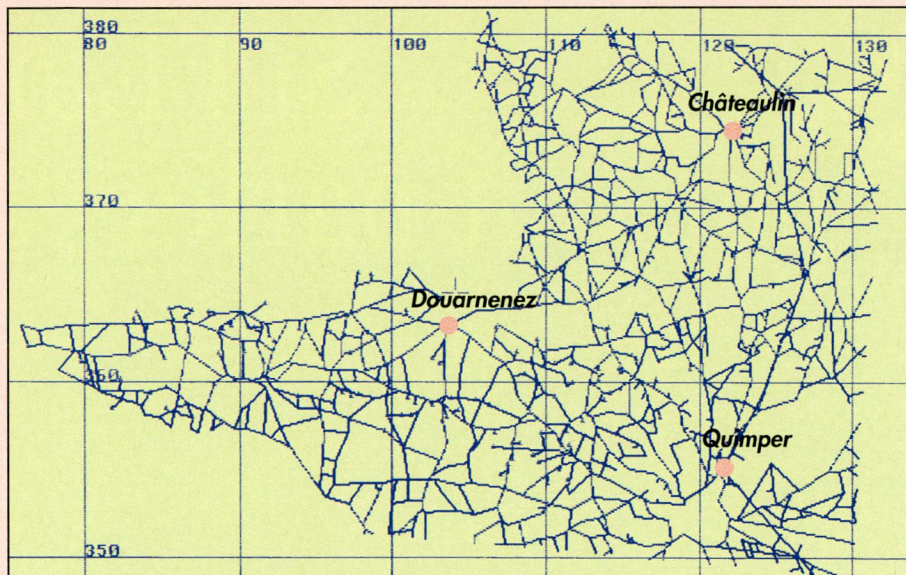
## Quelques thèmes de stages proposés en 1995

- CNEVA Ploufragan (22) : Etude d'un jeu de données sur la propagation d'une nouvelle maladie du porc ;
- CEMAGREF Rennes : Traitement statistique de signaux RMN de produits riches en amidon ayant subi différents traitements ;
- ISAMOR Brest : Analyse statistique d'un protocole expérimental sur le melon.

<sup>(1)</sup> L'IUT de Vannes est une antenne de l'université de Rennes 1 : il forme 1200 étudiants et comme celui de Lorient (voir Réseau n° 108), il intégrera la nouvelle université de Bretagne sud dès janvier 1996.

Contact : IUT de Vannes  
Tél. 97 46 31 33





◀ Voici un exemple d'application des mathématiques de l'optimisation. Cette carte de la région de Châteaulin et du Cap Sizun, dans le sud Finistère, est celle des itinéraires de collecte du lait, calculés à l'aide d'un logiciel d'optimisation. Le résultat est un gain d'environ 10%, à la fois en temps et en distance parcourue (voir dans Réseau n° 61).

## Les mathématiques de l'optimisation et de la décision

Un colloque se déroulera du 23 au 25 mars à Brest sur le thème "Mathématiques de l'optimisation et de la décision" (MODE). Ce domaine, constitué d'un véritable arsenal de modèles et de techniques, a la particularité de résoudre des problèmes concrets du monde économique, industriel...

Principal organisateur de ce colloque, avec Jean-Pierre Barthélemy, professeur à Télécom Bretagne<sup>(1)</sup>, Ali Ridha Mahjoub est professeur à l'université de Bretagne occidentale (UBO). Celui-ci est aussi responsable du laboratoire "Systèmes de production et optimisation" (SPO), une composante de la jeune équipe Informatique de l'UBO qui a de nombreux axes de recherche ayant trait aux mathématiques de l'optimisation et de la décision (MODE<sup>(2)</sup>).

Mais qu'entend-on par optimisation ? "Il s'agit d'un ensemble vaste de modèles et de techniques, qui permet de déterminer la meilleure solution pour un problème concret, et par conséquent de faciliter la prise de décision", définit Ali Ridha Mahjoub. Ces méthodes sont utiles dans beaucoup de domaines : l'industrie, la finance, les services, les transports, la médecine, la biologie, la physique, les télécommunications... En d'autres termes, elles concernent autant, pour des rai-

sons de coût et de profit, la production de biens de consommation, que la réalisation d'un réseau de télécommunications. Au laboratoire SPO, elles interviennent dans la résolution de plusieurs problèmes comme le calcul de l'énergie minimale en physique statistique, dans un modèle de "verre de spins", un phénomène magnétique d'une grande complexité, que nous ne développons pas ici.

### LE VOYAGEUR DE COMMERCE

Pour parler de l'optimisation, il faut d'abord faire la part entre deux champs totalement différents l'un de l'autre : l'optimisation "discrète", mettant en œuvre des variables entières (1, 2, -1, etc.) et l'optimisation "continue", qui traite de problèmes dont la solution cherchée peut être représentée par des variables réelles telles que 0,1 ; 3,18 ;  $\pi$ ...

Les travaux de Ali Rhida Mahjoub et de Jean-Pierre Barthélemy portent sur l'optimisation discrète,

une discipline se situant à l'intersection des mathématiques appliquées et de l'informatique.

"Actuellement, nous nous intéressons beaucoup à la conception de réseaux de télécommunications... Il faut mettre en place des réseaux fiables, qui continuent à fonctionner en cas de panne. Il faut prendre en compte certaines contraintes, telles que le coût des liaisons et des centres de transmission. Chaque type de réseau est caractérisé par un ensemble de paramètres. Notre objectif est de développer des modèles et des techniques qui permettent de résoudre efficacement ces problèmes et d'élargir davantage l'ensemble des situations réelles auxquelles ces techniques peuvent être appliquées."

Une des branches de l'optimisation discrète est l'optimisation combinatoire, dont les problèmes se formulent en termes de graphes (des points reliés par des traits). Il existe dans ce domaine un problème très connu : un voyageur de commerce ayant un certain nombre de villes à visiter, désire établir entre ces villes, une tournée qui soit de longueur minimale.

Le nombre de tournées possibles entre  $n$  villes est de l'ordre

### Les recherches à SPO

Difficile ici, de présenter en détail les recherches menées par le laboratoire SPO (Systèmes de production et optimisation), à moins de tomber dans les termes spécialisés. Néanmoins, disons qu'elles tournent autour de trois axes :

- l'optimisation combinatoire et la théorie des graphes, qui applique à d'autres problèmes, la théorie développée autour du problème du voyageur de commerce ;
- l'optimisation de modèles de télécommunications, visant à obtenir la topologie optimale des réseaux fiables de télécommunications ;
- le traitement d'images et la théorie des flots, qui en mettant en lien deux théories, permettra de faire évoluer les techniques de comparaison d'images.

de factorielle  $n$  (s'écrit  $n!$ ). Pour 100 villes, le nombre "factorielle 100" ( $100! = 100 \times 99 \times 98 \dots$ ) dépasse le nombre d'atomes de l'univers. "Pour calculer la meilleure solution dans cet ensemble, le plus puissant ordinateur peut mettre des dizaines d'années. Le but est donc de développer une technique qui soit applicable dans un délai raisonnable". ■

J.P.

<sup>(1)</sup> Télécom Bretagne : Ecole nationale supérieure des télécommunications de Bretagne (ENSTB), à Brest. <sup>(2)</sup> Le groupe MODE, pour Mathématiques de l'Optimisation et de la Décision, comprend de nombreux chercheurs des différents laboratoires en France : c'est sous son égide que se déroulera le colloque.

Contact : Ali Ridha Mahjoub  
Tél. 98 01 65 23



# Si l'Eau pouvait parler ...

Évaporation, nuage, pluie, ruissellement, captage,  
production d'eau potable, distribution,  
consommation, salissure, pollution, collecte,  
nettoyage, dépollution, rivière, mer, nuage...  
Le cycle de l'eau est long et les techniques pour  
le préserver sont de plus en plus compliquées.

Pour livrer à toute heure une eau potable  
au domicile et au travail de chacun, pour la nettoyer  
après usage, pour la dépolluer, pour protéger  
les réserves d'eau, le personnel de la Compagnie  
Générale des Eaux veille nuit et jour sur le produit  
alimentaire le plus contrôlé de France.  
Pour répondre à la croissance simultanée de la  
demande en eau potable et de la pollution,  
ils effectuent en quelques heures le cycle de l'eau  
que la nature met des années à réaliser.  
Si l'eau pouvait parler, elle vous raconterait...



COMPAGNIE GÉNÉRALE des EAUX  
11, rue Kléber - 35020 RENNES Cedex  
Téléphone : 99.87.14.14  
Télécopie : 99.87.14.25



# GUILDALI mise sur les probiotiques

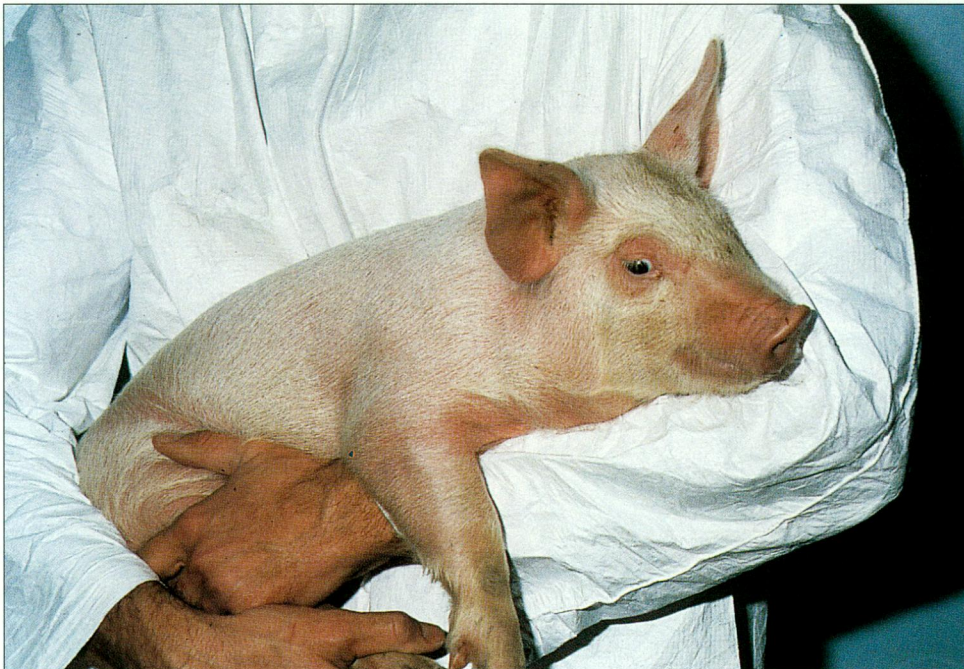


Photo CTPA

*Une petite entreprise des Côtes d'Armor, spécialisée dans l'aliment porcelet, a confié la réalisation d'essais techniques à un centre de transfert situé sur le Zoopôle de Ploufragan.*

Créée en 1988 à Carnoët, la société Guildali SA se spécialise dans la fabrication des aliments pour porcelets. Actuellement, elle refait entièrement son unité de production, pour développer une gamme de produits basée sur l'utilisation de nouveaux additifs alimentaires issus des biotechnologies, en particulier les probiotiques.

## Les probiotiques

Les probiotiques, tout comme les enzymes et les acidifiants, sont en train de modifier les notions fondamentales de la nutrition animale. Comprenant des levures et certaines bactéries, comme le bifidus de nos yaourts, ces micro-organismes vivants ont pour rôle d'équilibrer la flore intestinale, dégradée par l'utilisation parfois excessive des antibiotiques de prévention lors du sevrage.

Un effectif de 22 salariés est affecté à la production, la commercialisation (sous la marque Vitalac) occupant quant à elle 6 personnes. Les deux sociétés, Guildali et Vitalac, sont dirigées par Gilbert Le Calvez. Le chiffre d'affaires pour 1994 s'élève à 60 millions de francs, provenant majoritairement de la Bretagne. "Nous sommes déjà présents sur le marché espagnol et bientôt sur le marché irlandais (début 1995)", précise Gilbert Le Calvez. Toujours dans un souci de développement, il effectue des démarches en vue d'obtenir la certification de qualité (norme ISO).

## PRO- ET ANTI-BIOTIQUES

*"Nous évoluons dans un marché où la concurrence est très vive. Notre petite taille ne nous permettrait ni de suivre l'actualité scientifique et technique internationale, ni de mener à bien les protocoles de validation de*

*nouveaux ingrédients",* explique Gilbert Le Calvez.

Grâce au système des Prestations technologiques réseau (PTR), attribuées par Présence Bretagne, la société Guildali a pu faire réaliser les études dont elle avait besoin pour progresser. Menées par le Centre technique des productions animales (CTPA<sup>(1)</sup>), ces études concernent l'ajout de probiotiques, de levures en particulier, dans l'aliment porcelet.

*"L'avenir est aux probiotiques : ajoutés aux rations quotidiennes des animaux d'élevage, ils augmentent les taux de croissance, réduisent les pathologies et les pertes",* résume d'une manière générale Gilbert Le Calvez. Pour Patrick Pommier, directeur technique du CTPA, les effets de ces probiotiques doivent être testés de manière indiscutable.

## UNE VALIDATION SCIENTIFIQUE

En 1993, avec méthode et rigueur, l'équipe du CTPA a testé sur le terrain, c'est-à-dire sur un

◀ Grâce à certains probiotiques, testés lors de l'expérimentation Vitalac, le gain moyen quotidien des porcelets a pu être amélioré de 8%. Ces travaux suscitent l'intérêt des éleveurs de la région.

élevage réel et non dans une station expérimentale, l'effet de l'ajout de levures sur la croissance de 777 porcelets, suivis individuellement. "Nous avons obtenu, chiffres et statistiques à l'appui, un gain de croissance de 8% sur cette population", souligne Patrick Pommier.

Certains résultats annoncés par d'autres fabricants, par exemple ceux présentés lors de la dernière conférence internationale de pathologie porcine, paraissent aussi encourageants, mais sont souvent d'une grande imprécision. "Dans le domaine des probiotiques, on trouve tout et n'importe quoi", concluent ensemble les deux partenaires. S'appuyant sur le sérieux du CTPA, la société Guildali envisage d'ores et déjà d'autres innovations dans le domaine de l'aliment porcelet. ■

<sup>(1)</sup> CTPA : Centre technique des productions animales et agro-alimentaires. Créé en 1985, ce centre regroupait les stations du CNEVA (laboratoire central de recherches avicole et porcine), le LDA 22 (Laboratoire de développement et d'analyse des Côtes d'Armor), le GDS (Groupe départemental de défense sanitaire) et les services vétérinaires du département. En 1993, un nouveau nom est adopté : Zoopôle Développement. Cette association, dirigée par Eric Laporte, englobe le récent Centre de documentation et l'ISPAIA (Institut supérieur des productions animales et des industries agro-alimentaires). Le terme CTPA est repris par le bureau d'études, dont Patrick Pommier est le directeur technique. Avec 5 personnes, dont 2 vétérinaires et un ingénieur agronome, le CTPA propose aux entreprises régionales, mais aussi nationales et internationales, des essais cliniques, des prestations documentaires (entre autres dans le cadre de la veille technologique Britta) et des transferts de technologie.

**Contacts :**  
Gilbert Le Calvez Tél. 96 21 52 78  
Patrick Pommier Tél. 96 01 37 40

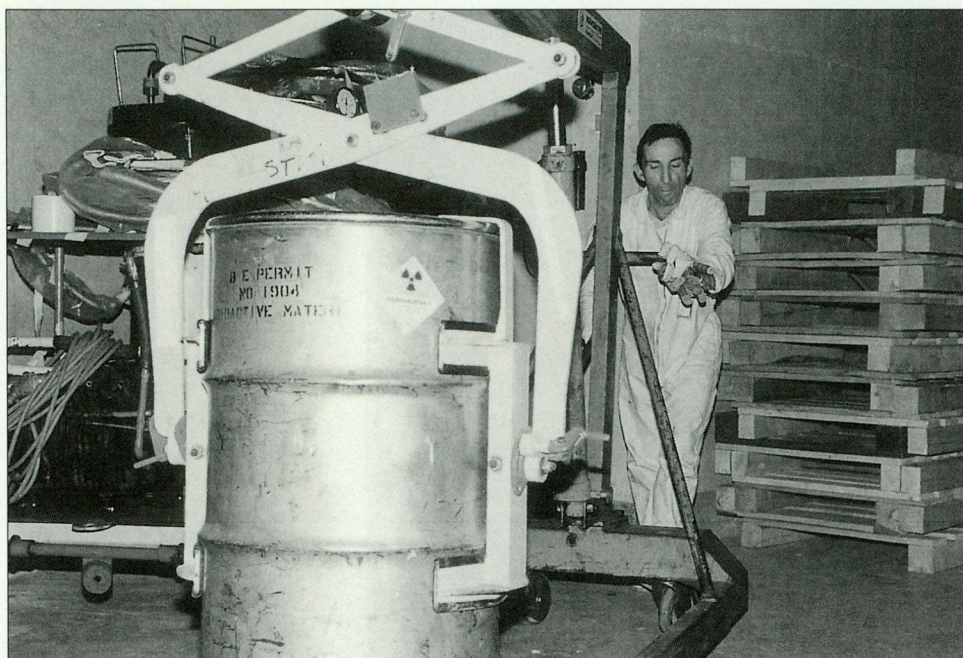
Améliorer votre compétitivité ? Présence Bretagne, un contact pour gagner.

Cette page est réalisée par Présence Bretagne,  
18, place de la Gare, 35000 Rennes, tél. 99 67 42 05, fax 99 67 60 22.

PRÉSENCE  
BRETAGNE



# Fin programmée d'une centrale nucléaire



◀ Près de 10 ans après l'arrêt du réacteur, les fûts d'eau lourde détritée ont quitté la centrale de Brennilis pour le centre de retraitement de Cadarache, dans les Bouches du Rhône.

*Le démantèlement de la centrale nucléaire de Brennilis, dans les Monts d'Arrée, devrait servir de référence. C'est en effet la première fois au monde qu'un site nucléaire va être traité dans son intégralité.*

En décembre dernier, dix camions chargés de fûts d'eau lourde détritée<sup>(1)</sup> ont quitté la centrale nucléaire des Monts d'Arrée, dans le Finistère, à destination de Cadarache, dans les Bouches du Rhône. Neuf ans après l'arrêt définitif du réacteur EL-4, EDF et le Commissariat à l'énergie atomique (CEA), co-exploitants de la centrale, ont fait en sorte que ce voyage soit connu. *"Il ne présente aucun risque,"* dit Michel Noraz, chef du site, *"2 000 transports de matières radioactives ont lieu chaque année en France"*. De plus, l'essentiel ne réside pas dans ce transfert, somme toute banal, mais dans le processus de "déconstruction" dont va faire l'objet l'installation nucléaire.

## UN SITE PILOTE POUR L'EXPORT

La construction de la centrale de Brennilis, dans la région de landes et de tourbières du Yeun, a débuté en 1963. Trois ans plus

tard, le réacteur EL-4 (EL pour Eau lourde et 4 pour 4<sup>e</sup> réalisation de la filière nucléaire française), commençait à produire de l'électricité, en petite quantité : 73 mégawatts, soit 4 % de la consommation actuelle en Bretagne. 250 personnes travaillaient alors sur place, entre la tour ronde de béton du réacteur, plongeant dans la terre et le cœur de l'installation, et la barre d'immeubles servant de bureaux. Ce réacteur utilisait de l'eau lourde comme modérateur, du gaz carbonique sous pression comme fluide caloporteur (vecteur de calories) et, pour combustible, des pastilles d'uranium légèrement enrichi empilées dans des gaines métalliques de type conventionnel.

Il s'agissait à l'époque d'une expérience pour le CEA, avant d'adopter en 1971 le réacteur américain PWR, largement modifié depuis, au point d'être considéré partout dans le monde comme un modèle français de fiabilité.

La décision de stopper la production date de 1985, avec l'apparition de nouvelles centrales plus performantes. Après avoir évacué le combustible irradié, les partenaires ont réfléchi sur la suite des événements : que faire ? Il a été décidé de donner au démantèlement de la centrale, décrété opération-pilote par l'OCDE<sup>(2)</sup>, un certain retentissement : *"Notre ambition est de donner des références de savoir-faire aux entreprises françaises qui peuvent l'exporter"*<sup>(3)</sup>. Je pense à *Campeleon-Bernard, Bouygues, Framatome, etc.*" Michel Noraz, auparavant responsable d'un site de stockage de déchets radioactifs, est depuis 1991 le chef de ce projet innovant : *"C'est la première fois au monde qu'un site est traité dans son intégralité"*.

## RASER DEUX BÂTIMENTS SUR TROIS

Actuellement soumis à une enquête d'utilité publique, le programme de démantèlement prévoit de raser deux bâtiments directement impliqués dans le fonctionnement de la centrale : celui qui servait au stockage des combustibles irradiés et la station

de traitement des effluents (liquides contaminés). Seul restera le réacteur, ou plutôt le cœur du réacteur, dans son enceinte étanche. Ce cœur est constitué d'une masse d'acier activé, tellement actif aujourd'hui qu'il est impossible de le stocker en surface. Il faudrait un site profond dont la France ne dispose pas encore. *"Nous aurions pu découper le cœur en morceaux, le mettre dans des conteneurs... Mais c'est déplacer le problème. Notre solution est plus sûre et plus économique : dans l'enceinte actuelle, la ventilation va bloquer toute corrosion pendant plusieurs décennies. Ce sera comme le château de la Belle au bois dormant, il y aura de la poussière, mais pas de corrosion"*.

Dans toutes les étapes de la "déconstruction", il faudra parvenir à un niveau exemplaire de sûreté : enlever les tuyaux, vannes, câbles, éliminer les taches infimes de contamination dans le gros œuvre, démolir, fondre et retraiter les aciers, entreposer des tonnes de métal, de béton, de tout ce qui mérite encore le petit losange jaune marqué "radioactive". Ce scénario, simple en apparence, est en fait d'une redoutable complexité. ■

J.P.

<sup>(1)</sup> détritée : détritée signifie qu'on a enlevé, à 85 % ou 90 %, la charge de tritium contenue dans l'eau. Le tritium est un isotope radioactif de l'hydrogène, il est contenu dans l'eau lourde et intervient dans le ralentissement des neutrons. <sup>(2)</sup> OCDE : Organisation de coopération et de développement économiques. <sup>(3)</sup> parmi les clients potentiels, la Russie, l'Allemagne, le Japon et les Etats-Unis.

Contact : Michel Noraz  
Tél. 98 99 69 00



**DU CÔTÉ DES ENTREPRISES**

**Le projet PRISME**

Rennes : les autoroutes de l'information sont des réseaux de télécommunications, en fibre optique, qui portent mille fois plus d'informations que les réseaux classiques. Ceci permet d'envisager de nouveaux services multimédia et interactifs. Afin de construire ces autoroutes en Bretagne, plusieurs industriels se sont réunis au sein du projet PRISME (Plate-forme régionale pour l'intégration de services multimédia d'entreprises).

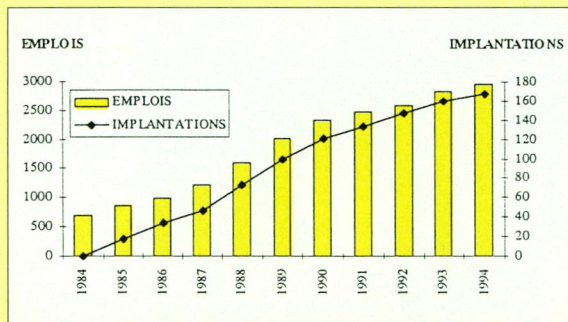
Rens. : André Renault, Sema Group, tél. 99 38 17 38.



**Aristel en course**

Rennes : Aristel est une société de services en télécommunications basée sur la technopole de Rennes Atalante. Elle commercialise des progiciels répondant aux normes internationales dans les domaines du transfert de données et du vidéotex multimédia. Parmi les applications, citons le serveur documentaire, le catalogue multimédia, le télétravail, la télémedecine... Avec un effectif de 25 personnes, Aristel travaille par ailleurs sur des projets visiophoniques et de journal vidéo sur demande.

Rens. : Gaëtan Louis, tél. 99 12 71 71.



Evolution des implantations et des emplois sur la technopole de Rennes Atalante depuis sa création en 1984.

**Les 10 ans d'Atalante**

Rennes : le bilan affiché par la technopole après 10 années d'activité est plus que satisfaisant : 686 emplois, un environnement scientifique de plus en plus riche (10 nouvelles écoles supérieures sur le district), et le nombre d'implantations d'entreprises continue d'augmenter, atteignant aujourd'hui 168, dont plus de la moitié dans le secteur des technologies de l'information.

Rens. : Corinne Binard, tél. 99 12 73 73.

**Partenariat ESC Rennes-Smithkline Beecham**

Rennes : enseignants du groupe ESC Rennes (Ecole supérieure de commerce) et cadres du groupe pharmaceutique Smithkline Beecham, sont désormais liés par un accord de partenariat, établissant une collaboration tant pédagogique que financière. Les étudiants de Sup de co peuvent, de plus, bénéficier pendant toute la durée de leur scolarité, du tutorat d'un cadre de Smithkline Beecham.

Rens. : ESC Rennes, tél. 99 54 63 63.

**Une Junior au service des grands**

Rennes : la Junior entreprise des sciences économiques de Rennes (JESER) propose des études de marché, d'impact, d'image et de notoriété. Forte d'une expérience de 10 ans avec 100 études réalisées, la JESER offre aux étudiants une première expérience professionnelle.

Rens. : François Bourges, tél. 99 63 45 81.

**LES ÉCHOS DE L'OUEST**

**La 4<sup>e</sup> université**

Vannes, Lorient (56) : la nouvelle université Bretagne sud (UBS) compte déjà 5 000 étudiants, dépassant ainsi en taille certaines universités en place depuis 10 ans. "Son autonomie vis-à-vis des trois autres universités bretonnes devrait être effective dès le mois d'octobre prochain", c'est le souhait que formule Jacques Lenfant, président de l'université de Rennes 1. Près de

1500 étudiants de l'université de Rennes 1 sont actuellement formés sur les sites de Vannes et Lorient.

**Master of science à l'EME**

Bruz (35) : à l'occasion de l'habilitation de l'Ecole des métiers de l'environnement à délivrer le diplôme de "Master of science" (Bac + 5), une commission de spécialistes de l'environnement de l'université de Coventry

(GB) est venue en Bretagne à l'automne dernier. Elle y a rencontré des industriels (Citroën, Besnier, Langlois), des responsables d'organismes (CBB Développement, Apave) et des institutionnels (Conseil général d'Ille et Vilaine, DIREN), pour faire le point sur les besoins de compétences d'encadrement en environnement.

Rens. : Laurent Kraeutler, tél. 99 05 88 00.

**DISTINCTIONS**

**Prix Roberval 1994**

Le 1<sup>er</sup> décembre dernier, François Fillon, ministre de l'Enseignement supérieur et de la Recherche, a remis les prix Roberval 1994 à Jacques Arzac, pour son livre "La science et le sens de la vie" (Prix Grand public), à François Pruvot pour l'ouvrage "Conception et calcul des machines-outils" (Prix Enseignement supérieur) et à Jean-François Delassus pour le magazine Envoyé spécial : "Le bout du tunnel" (Prix Télévision).

Rens. : UTC Compiègne, tél. 44 23 43 58.

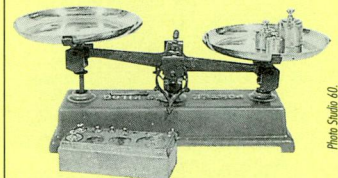


Photo Studio 60

**Une présidente à l'Académie**

L'une des pionnières de la biologie moléculaire, Marianne Grunberg-Manago, est la première femme élue présidente de l'Académie des sciences. Cette vénérable institution, créée en 1666, regroupe 130 savants : elle a pour mission d'encourager la recherche et de publier les travaux et rapports.

**Jean Pannetier, lauréat des sciences**

Rennes : diplômé de l'Ecole nationale supérieure de chimie de Rennes (ENSCR), Jean Pannetier a reçu le Prix Paul-Pascal décerné par l'Académie des sciences. Jean Pannetier est actuellement chercheur CNRS à l'Institut Max Von Laue Paul Langevin, à Grenoble.

**Prix Drieu-Cholet**

Rennes : l'Académie nationale de médecine a décerné le Prix Drieu-Cholet à Pascal Loyer, jeune chercheur rennais, pour ses travaux sur le cancer et sur les maladies vasculaires.

**QUI A DIT ?**

Réponse de la page 4

Le mathématicien Evariste Galois, dans la "Gazette des écoles" en 1831.



DU CÔTÉ DES LABORATOIRES



Titulaire d'un doctorat en optronique, Christiane Schwartz a notamment participé au développement des services de l'écrit, de la messagerie X4000 et des services multimédia de France Télécom.

◀ ■ Christiane Schwartz à la tête du CCETT

Cesson-Sévigné (35) : la nouvelle directrice du Centre commun d'études de télédiffusion et télécommunications (CCETT) est diplômée de l'Ecole supérieure d'électricité et titulaire d'un doctorat sur l'optique quantique. Son directeur adjoint, Jean-Pierre Faisan, vient de Metz où il dirigeait le service "Valorisation industrielle" de l'autre centre de recherche de TDF (Télédiffusion de France).

La passation de pouvoir entre Daniel Pommier et Christiane Schwartz s'accompagne d'une importante restructuration des départements du CCETT, prenant en compte la transversalité croissante des recherches dans le domaine des télécommunications. Ces recherches sont désormais organisées en quatre grands groupes : le codage des sources, le codage de la transmission, les terminaux et l'architecture des composants multimédia.

Rens. : Michel Duvet, tél. 99 12 42 51.

■ Traitement des lisiers

Rennes : le 16 décembre dernier, Jean-François Moal a soutenu au CEMAGREF (Centre national du machinisme agricole, du génie rural, des eaux et des forêts) une thèse sur la volatilisation de l'azote ammoniacal des lisiers après épandage. Ces études montrent que 25 % de l'azote ammoniacal se volatilise dans l'air, augmentant la pollution

atmosphérique et réduisant le pouvoir fertilisant du lisier épandu. Ces travaux ont bénéficié d'un soutien du Conseil régional de Bretagne.

Rens. : Jean-François Moal, tél. 99 28 15 15.

■ Le CNET coopère avec la Russie

Lannion : le CNET, centre de recherche et développement de France Télécom, vient de

signer deux contrats de coopération avec des équipes de recherche du ministère russe des Télécommunications, situé à Saint-Petersbourg, concernant la synthèse vocale de la langue russe.

Rens. : Sylvie Castro, tél. 16 (1) 45 29 51 56.

■ Réunion régionale ANDES

Guidel (56) : le Centre de génie industriel (CGI) et son

directeur, André Péron, ont accueilli la section régionale de l'Association nationale des docteurs ès sciences (ANDES). Cette réunion du 26 novembre 1994 avait pour objet la préparation d'une campagne de sensibilisation en faveur du développement de la recherche et de la culture scientifique. Prochain rendez-vous le 25 novembre 1995.

Rens. : Pierre Kimfoko, tél. 99 28 32 55.



Olivier Delcambre a réussi à faire naître des araignées de mer en captivité.

■ Araignées de mer

Le Croisic (44) : actuellement en stage à l'Océarium, Olivier Delcambre, chercheur en océanographie biologique, a obtenu la naissance d'araignées de mer en aquarium, à partir de mères fécondées en milieu naturel. Grâce au maintien des larves (appelées "zoés") dans une eau tempérée, riche en oxygène et en plancton, les jeunes araignées sont aujourd'hui 2 000 et mesurent 1 cm. Rens. : Jean Auffret, tél. 40 23 02 44.

LES ÉCHOS DE L'OUEST

■ Arc atlantique

Les régions de l'Arc atlantique, dont la Bretagne et les Pays de la Loire, ont signé une convention avec 15 universités et laboratoires de recherche, afin d'une part, de favoriser la mobilité des chercheurs et doctorants, et d'autre part, de préparer les candidatures aux programmes européens, sur plusieurs thèmes dont la biologie du vivant marin et l'aquaculture, l'informatique médicale, les matériaux à propriétés optiques, magnétiques et électroniques...

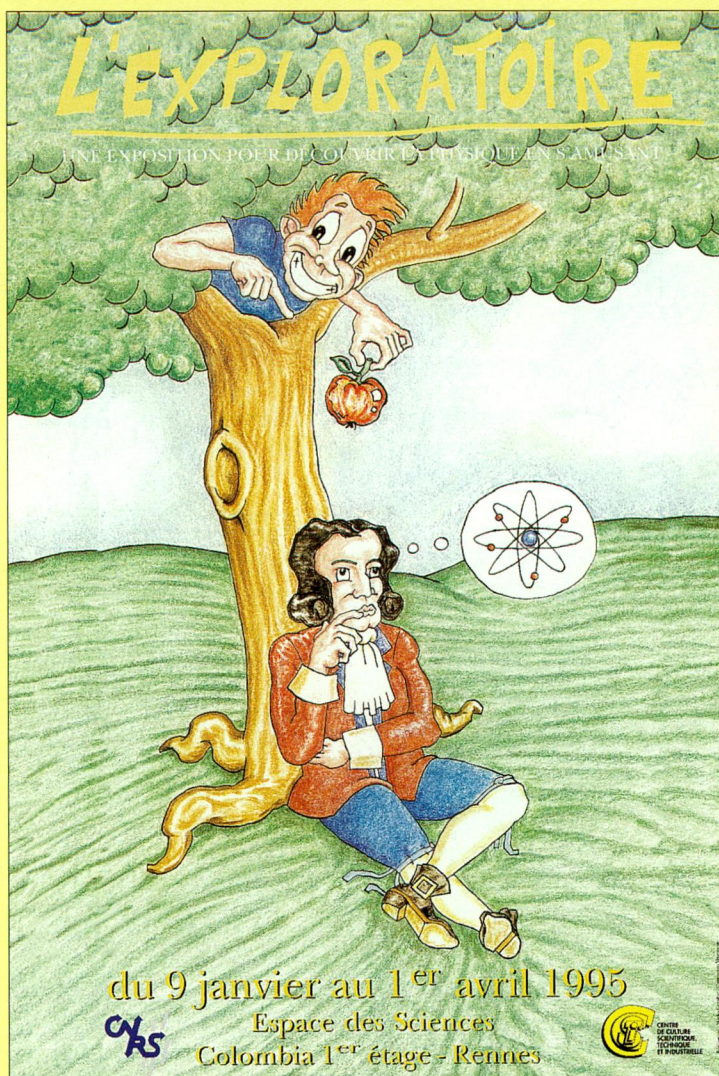
■ Ecole de statistique

Bruz (35) : le campus de Ker Lann devrait prochainement accueillir l'Ecole nationale de la statistique et de l'analyse de l'information (ENSAI), une composante de l'INSEE (Institut national de la statistique et des études économiques). L'ouverture est prévue pour la rentrée universitaire de septembre 96.



## EXPOSITIONS

## À L'ESPACE DES SCIENCES

■ Jusqu'au 1<sup>er</sup> avril/L'exploratoire

Rennes : La physique est la science des phénomènes de la nature et s'appuie donc sur l'observation et l'expérimentation. Son but est de comprendre le monde qui nous entoure, en se livrant à des expériences, sous la férule d'un animateur. Qu'est-ce que la lumière ? La chaleur ? D'où proviennent les couleurs ? Comment remonte le Yo-Yo ? Cet ensemble de manipulations en libre-service a été réalisé en collaboration avec le Palais de la Découverte.

Rens. : Christopher Couzelin, Espace des sciences, tél. 99 35 28 28.

Ouvert du lundi au samedi de 12h30 à 18h30. Entrée : 10 F, tarif réduit : 5 F, gratuit pour les moins de 12 ans. Groupes le matin sur réservation uniquement.

## À L'OCÉARIUM DU CROISIC

## ■ Le Croisic (44)

Issu des célèbres aquariums du Croisic, l'Océarium a su créer un outil pédagogique de premier plan, en mettant en scène la faune et la flore de l'océan Atlantique. Dès l'entrée, bacs de culture et loupes binoculaires montrent aux enfants les bébés homards et maquereaux, comme on ne les voit jamais. A noter également l'aquarium de corail jaune, et le passage obligé sous une voûte de congrès, requins, vieilles et autres monstres de nos côtes.

Renseignements et réservations au 40 23 02 44.

Ouvert tous les jours de 10h à 12h et de 14h à 19h. Tarifs : 44 F adulte et 27 F jusqu'à 15 ans, tarifs réduits et dossiers pédagogiques pour les groupes et les scolaires.

## FORMATIONS

## Formation inter-entreprises Archimex

Vannes : ces journées s'adressent aux cadres, techniciens et ingénieurs des sociétés alimentaires, chimiques, cosmétiques et pharmaceutiques. Elles sont conçues pour répondre aux attentes des industriels et devancer parfois leurs besoins dans les techniques d'extraction analytiques, préparatives ou industrielles. La formation s'organise autour de conférences, de démonstrations et de travaux pratiques.

## ■ 1-2 février/

**Sécurité et réglementation** en matière de solvants, pulvérulents, produits inflammables...

## ■ 8-9 février/

**Épaississants et gélifiants**

Amidon, algues, cellulose... épaississants et gélifiants donnent de la tenue aux filières alimentaire, pharmaceutique et cosmétique. Cette session est organisée en collaboration avec l'ADRIA de Quimper.

## ■ Du 8 au 10 mars/Emulsions et mousses

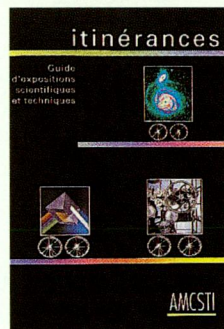
## ■ 22-23 mars/Protéines végétales

Rens. : Philippe Masson, tél. 97 47 06 00.

## A LIRE

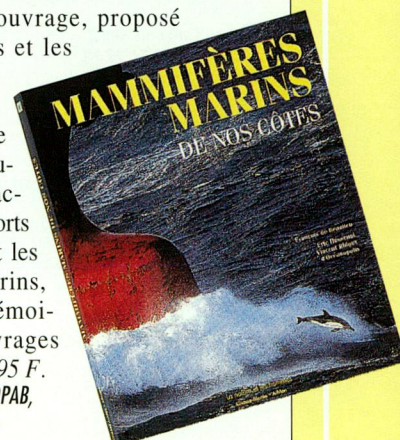
## ■ "Itinérances"

est le guide des expositions itinérantes scientifiques et techniques. Edité par l'Association des musées et centres pour le développement de la culture scientifique, technique et industrielle (AMCSTI), ce guide comprend en particulier les expositions proposées par le CCSTI sur le SIDA, la génétique, les images satellites, l'eau... Edition AMCSTI, 320 F. Rens. : tél. 16 (1) 40 05 84 40.



## ■ "Mammifères marins de nos côtes"

est un très bel ouvrage, proposé par Océanopolis et les éditions Chasse-marée ArMen. Les textes sont de François de Beau-lieu, qui met l'accent sur les rapports entre l'homme et les mammifères marins, s'inspirant de témoignages et d'ouvrages anciens. 136 p., 195 F. Rens. : Océanopolis, SOPAB, tél. 98 00 96 00.





**COLLOQUES**

**■ Du 7 au 11 février / Semaine métiers-entreprises**

Brest : autour de son forum annuel, l'Ecole nationale supérieure des télécommunications Télécom Bretagne organise une semaine de rencontre avec les entreprises, sur le thème : "l'esprit d'entreprendre". A cette occasion, un prix sera remis par le directeur François Jutand.

Rens. : Catherine Le Riguier, tél. 98 00 11 11.

**■ Du 13 au 15 février à Rennes / Séminaire VHDL**

Brest : l'association Jessica Ouest présente un séminaire, ouvert à tous et gratuit pour les PME/PMI, sur le langage de conception et de modélisation informatique VHDL (langage de description de composants électroniques). Des exemples montrent la richesse de cette conception. Ce séminaire, présenté à Brest en janvier, est accueilli à Rennes par l'Institut de recherche en informatique et systèmes aléatoires (IRISA), sur le campus de Beaulieu.

Rens. : Fabienne Nouvel, Jessica Ouest, tél. 99 28 65 07.

**■ Du 19 au 23 février / BioExpo et ECB 95**

Nice (06) : le grand rassemblement des biotechnologies européennes et mondiales unit le 6<sup>e</sup> Salon international des biotechnologies BioExpo et un congrès, ECB7, le 7<sup>e</sup> Congrès européen de biotechnologie.

Rens. : Catherine Metais, tél. 16 (1) 47 56 21 15.

**■ 28 mars / Journée Louis Pasteur**

Rennes : le laboratoire de Chimie des complexes de métaux de transition et synthèse organique (URA CNRS 415) organise une journée scientifique sur la catalyse asymétrique, dans le cadre de l'année Louis Pasteur.

Rens. : Pierre Dixneuf, tél. 99 28 62 80 ou 99 28 62 83.

**■ Du 28 au 30 mars / ATM Developments '95**

Rennes : après le succès d'ATM Developments '94 (2000 visiteurs à Supélec), première manifestation sur les autoroutes de l'information en Europe, l'association Rennes Atalante, le district de Rennes et l'agence Edicom axent la rencontre sur les besoins des utilisateurs : témoignages, études de cas, expérimentations et démonstrations...

Rens. : Frédérique Testemale, tél. 16 (1) 47 07 29 29. Corinne Binard, Rennes Atalante, tél. 99 12 73 73.



**CONFÉRENCES**

**LES MERCREDIS DE LA MER**

**■ 8 février / Brises côtières**

Rennes : la brise est un phénomène météorologique de petite échelle, lié aux évolutions thermiques sur le plan d'eau et sur son environnement. Pour aider le navigateur, de récents diagrammes de brise ont été établis. Claude Fons dirige le Centre départemental Météo France du Finistère. Il montre l'intérêt des brises, non seulement pour les courses, mais aussi pour la croisière. Cette conférence est organisée par le centre IFREMER de Brest et par le CCSTI, à la Maison du Champ de Mars à 20h30.

Rens. : CCSTI, tél. 99 35 28 20.

**À OCÉANOPOLIS**



**■ 1<sup>er</sup> février / Au pays des poissons**

Brest : chercheur à l'IFREMER de La Rochelle, Jean-Claude Quéro emmène son auditoire en voyage au pays des poissons.

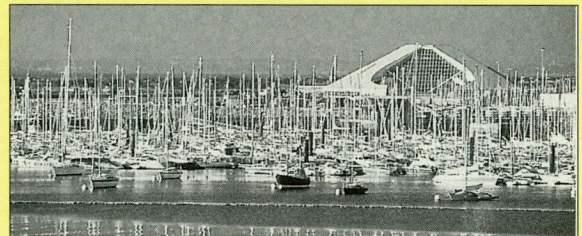


Photo L. Jeynes, Océanopolis.

**■ 1<sup>er</sup> mars / Les animaux filtreurs**

Brest : la rade de Brest est un écosystème sous haute surveillance. Les principaux marqueurs de son évolution sont les coquillages et autres animaux filtreurs, comme l'explique Christian Hily, directeur de recherche au CNRS. Ces conférences ont lieu à 20h30, à l'auditorium d'Océanopolis.

Rens. : Chantal Guillerm, tél. 98 00 96 00.

**À L'IFREMER**



**■ 1<sup>er</sup> mars / Naissance et mort des océans**

Brest : auteur de l'ouvrage "La naissance des océans" et directeur de l'Ecole doctorale des sciences de la mer, Thierry Juteau intitule sa conférence : "Les fonds océaniques des océans disparus". A 15h30, au centre IFREMER.

Rens. : Patrick Nérissou, tél. 98 22 40 04.

**SÉMINAIRE IRISA**



**■ 3 mars / Sécurité**

Rennes : Gérard Eizenberg présente une introduction à la sécurité informatique. Organisée par l'IRISA, cette conférence a lieu à 14h en salle "Michel Métivier".

Rens. : Daniel Le Métayer, tél. 99 84 71 00.

**Pour être sûr de recevoir le numéro suivant de RÉSEAU, ABONNEZ-VOUS !**

Abonnement pour 1 an (11 numéros) ■ Tarif : 200 F ■ Abonnement de soutien : 300 F ■ Abonnement étudiants : 100 F

Nom \_\_\_\_\_ Prénom \_\_\_\_\_ Organisme \_\_\_\_\_  
 Adresse \_\_\_\_\_  
 Code postal \_\_\_\_\_ Ville \_\_\_\_\_ Tél. \_\_\_\_\_  
 Facture OUI  NON

Bulletin d'abonnement et chèque à retourner à : CCSTI, 6, place des Colombes, 35000 RENNES Tél. 99 35 28 20.



## FORMATION DE SPÉCIALISTES EN INFORMATIQUE

Parce que la trilogie "Recherche-Industrie-Formation" est indispensable, l'IFSIC atteint ses objectifs grâce à un environnement exceptionnel.

L'informatique est un domaine en expansion. Aussi les formations couvrent-elles un large éventail thématique : traitement du signal, télécommunications, architecture des machines informatiques, imagerie numérique, systèmes d'exploitation, ingénierie des logiciels, informatique appliquée à la gestion.

**Bac + 4**  
**(MIAGE, maîtrise)**  
**Bac + 5**  
**(ingénieurs, DESS, DEA)**  
**Bac + 8 (doctorat)**

L'Institut assure également des enseignements d'informatique en 1<sup>er</sup> cycle ainsi que dans le cadre d'actions de formation continue.

La présence d'universités scientifiques, d'écoles d'ingénieurs, de l'IRISA, du CNET, du CCETT, du CELAR et l'implantation de grands groupes industriels permettent de multiplier et de renforcer les échanges productifs entre ces différents milieux.

Parmi l'éventail des formations de deuxième et troisième cycles de l'IFSIC, quatre donnent lieu à la réalisation d'un stage de longue durée dans une entreprise française ou étrangère (la MIAGE, le diplôme d'ingénieur et les DESS). Ceci se traduit par des collaborations étroites avec des entreprises comme THOMSON, CAP SESA, OST, SOGITEC, CCETT, CNET, DEC, AQL, ELIOS, CANON...



Université de Rennes I - Campus de Beaulieu - 35042 RENNES Cedex - Tél. 99 84 71 74 - Fax 99 84 71 71

## EDF-GDF FAIT AVANCER LES ENTREPRISES QUI FONT AVANCER LA BRETAGNE.



En s'engageant aux côtés d'organismes de recherche tels ARCHIMEX, l'IRMA, HD 2000 et L'ADRIA, la Délégation Régionale Bretagne EDF-GDF prépare chaque jour l'avenir de notre région.

**DÉLÉGATION RÉGIONALE BRETAGNE**

2, avenue d'Ile de France 35000 Rennes. Tél. 99 33 17 17.







## Il y a des salles pour le confort, et du sel pour les temps forts.

*Si Brest accueille un nombre croissant de congrès et colloques scientifiques et médicaux, c'est parce que la ville de la mer offre aux chercheurs du monde entier l'environnement idéal pour des rencontres fructueuses. Congrès de géophysique, d'informatique, de technologies appliquées à la mer... Quel que soit votre projet, Brest a déjà la solution et vous offre une diversité d'espaces complémentaires.*

**Le Quartz**, Centre de Congrès confortable, propose en pleine ville, un grand théâtre de 1500 places, un amphithéâtre de 320 places, une salle de conférence de 400 places, des salles de réunion et de restauration, un espace d'exposition.

**Penfeld**, Parc des Expositions, convient aux très grands congrès associés à des salons professionnels d'envergure, avec 13 000 m<sup>2</sup> sur un seul niveau.

**Océanopolis**, Centre Scientifique et Technique dédié à la mer, accueille au port du Moulin Blanc, les séminaires de 100 personnes dans son auditorium ainsi que les cocktails et réceptions (200 personnes en soirée) dans la salle des aquariums.



PHOTOS: W. SIBLIK - SOPAB

PUBLICIS / GRAND ANGLE



# Congrès Séminaires

**A BREST**

