

SCIENCES *Ouest*

RECHERCHE ET INNOVATION EN BRETAGNE N° 189

Le **Nec**

JUIN 2002 / 3 €



EXPOSITION

SOUS L'ÉGIDE DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

Le miroir de

Méduse

BIOLOGIE ET MYTHOLOGIE

**DU 11 AVRIL
AU 31 JUILLET 2002
ESPACE DES SCIENCES
CENTRE COLOMBIA (1^{er} étage)
RENNES**

LE UN BÂTIMENT D'AVANT-GARDE...

MICHEL CABARET
DIRECTEUR
DE L'ESPACE DES
SCIENCES

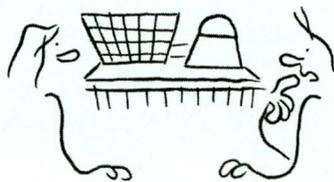
A lors que le dôme de l'Espace des sciences prend forme, *Sciences Ouest* fait le point sur l'ensemble de la construction du Nouvel équipement culturel qui s'élève de plus en plus, face à l'esplanade du Champ de Mars. La maîtrise d'ouvrage en est assurée par Rennes Métropole, le gros œuvre par GTB et de nombreuses autres entreprises collaborent au chantier. Ce formidable "vaisseau" imaginé par l'architecte Christian de Portzamparc accueillera donc la bibliothèque, le Musée de Bretagne et l'Espace des sciences et son ouverture au public est prévue pour le dernier trimestre 2004.

En plus des aspects scientifiques et techniques liés au chantier, vous trouverez également dans ce numéro des articles sur la constitution du fonds documentaire du futur pôle "Sciences et techniques" de la bibliothèque, sur l'histoire du granit en Bretagne, mais aussi, comme toujours, des articles d'actualité comme celui sur le traitement des lisiers et des boues, ou encore la préparation du congrès national sur le développement durable qui aura lieu à Rennes les 1^{er} et 2 juillet, en prévision du sommet de Johannesburg en septembre prochain. Autant de preuves du dynamisme et de la richesse de notre région.

Bonne lecture. ■



- c'est le NEC, alors...
comment tu Le trouves?



- y a rien de droit,
tout est bancal...



- l'architecte a dû
paumer son équerre...

SCIENCES

Ouest

RESEARCH AND INNOVATION IN BRITTANY

ABSTRACTS FOR THE INTERNATIONAL ISSUE

SPOTLIGHT ON NEWS P.8

RENNES, CAPITAL OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT

On 1st and 2nd July, the town of Rennes will host a conference entitled "New Encouragement for our Planet" which will bring together French players in the field of sustainable development, in preparation for the summit in Johannesburg (26th August - 4th September). The notion of sustainable development has resulted from increased collective awareness and from a common objective - to bequeath a balanced environment to future generations. However, this approach is confronted by very strong industrial, and therefore economic, pressures which dissuade numerous countries from taking the necessary decisions. Some of them even go so far as to obtain the right to increase greenhouse gas emissions, generally at the expense of the poorest nations. The conference will provide an opportunity to pinpoint the current state of play in a subject area of which people are often too little aware. ■

SPOTLIGHT ON NEWS P.9

SUSTAINABLE DEVELOPMENT IN THE HEART OF THE MENÉ AREA

A small group of animal farmers in Mené (Côtes d'Armor) has taken on board its responsibilities towards future generations and has launched an unusual project that is

the only one of its kind in France to try and solve the thorny question of excess liquid manure. Having travelled throughout Europe to see what solutions have been adopted elsewhere, the members of Cuma (Coopérative d'utilisation de matériel agricole) came to the conclusion that methanisation was the most effective way of dealing with it. When the manure is heated in an anaerobic tank, it gives off methane (town gas) that can be used to produce energy. What is left is a perfectly stable odourless residue, or "digestate", that constitutes an excellent soil improver or that can be dried using the energy produced by the methane to give water and a fertiliser in powder form. This is one step closer to renewable energy. ■

SPOTLIGHT ON NEWS P.10

RENNES IS TURNING A NEW PAGE

The third floor of the library currently being built as part of the new arts centre, the "Nec", will provide the science and technology centre with premises covering 475 m². Marie-Luce Poupard and her team are responsible for building up the documentation section. They will have to select no less than 20,000 books by the time the library opens in 2004. Some of the works will come from the existing documentation but it is not very well known and this will therefore require some meticulous

processing. The remainder of the books will come from a systematic study of catalogues from publishing houses. Eventually, the centre will offer some 30,000 books and over one hundred periodicals, making the science and technology centre one of the largest such centre in Brittany open to the general public. ■

SPOTLIGHT ON HISTORY AND SOCIETY

P.11

NEVER-CHANGING GRANITE AND EVER-CHANGING TECHNOLOGY

Granite is undoubtedly an integral part of Brittany's heritage and the region is the largest producer in France. Throughout the 20th century, the industry has undergone a veritable technical revolution that has made the work easier and much more efficient. Relatively recent processes, such as heat cutting, now allow for the extraction of huge volumes of rock. Handling, too, has enjoyed progress in many areas - the introduction of diggers and loaders has greatly facilitated the removal of blocks of stone from the quarry floor. Moreover, the new tools used to work the stone have enabled granite to be much more widely-used. And even if companies have gradually abandoned most of the quarries and specialised in the processing of the stone, technological innovations and the development of new products mean that granite still has a very bright future. ■

AN IN-DEPTH LOOK AT THE NEC

P.13/21

The *Nouvel équipement culturel*, the arts centre currently being built in Rennes, is gradually revealing its final shape. Cone, pyramid, walls sloping firstly in one direction then in the other - this is a "variable geometry" building designed by architect Christian de Portzamparc to house the Brittany Museum, the library and the *Espace des sciences*. He explains his choices in an interview with *Sciences Ouest*. Jean-François Mari, Director of the Nec site, tells how he overcame the technical difficulties

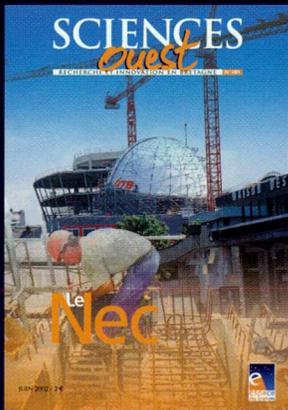
involved in the structure and environment of the project e.g. foundations that have to resist the thrust from the underground water table lying beneath the building, or the inflation of the balloon that is designed to give the *Espace des sciences* planetarium its shape. This is a chance to gain an insight into the building process. With its 17,000 m³ of concrete, 1,500 tonnes of steel and 5,000 m² of glass, the Nec will astonish visitors for years to come! ■

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

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



Brittany Regional Council is providing financial backing for this service.



Tirage du n°189 : 5 000 ex.
Dépôt légal n°650. ISSN 1623-7110

SCIENCES OUEST est rédigé et édité par l'Espace des sciences, Centre de culture scientifique technique et industrielle (Association loi de 1901), centre associé au Palais de la découverte ■ Espace des sciences, 6, place des Colombes, 35000 Rennes - lespace-des-sciences@wanadoo.fr - nathalie.blanc@espace-sciences.org - http://www.espace-sciences.org - Tél. 02 99 35 28 22 - Fax 02 99 35 28 21

■ *Président de l'Espace des sciences* : Paul Tréhen. *Directeur de la publication* : Michel Cabaret. *Rédactrice en chef* : Nathalie Blanc. *Rédaction* : Louis-Marie Berthelot, Claire Chavand, Jean François Collinot, Jérôme Cucarull, Cécile Houget. *Comité de lecture* : Christian Willaime (physique-chimie-matériaux), Gilbert Blanchard (biotechnologies-environnement), Carole Duigou (sciences humaines), Michel Branchard (génétique-biologie). *Abonnements* : Béatrice Texier. *Promotion* : Magali Colin. *Publicité* : AD Media - Alain Diard, tél. 02 99 67 76 67, e-mail info@admedia.fr

■ Sciences Ouest est publié grâce au soutien de la Région Bretagne, du ministère de l'Éducation nationale, de la Recherche et de la Technologie, des départements du Finistère et d'Ille-et-Vilaine, de la Ville de Rennes, de la Direction régionale des affaires culturelles et du Fonds social européen. Édition : l'Espace des sciences. Réalisation : Pierrick Bertôt création graphique, 35510 Cesson-Sévigné. Impression : TPI, 35830 Betton.

EN BREF 6/7



GROS PLAN Actualité
Rennes, capitale du développement durable 8



GROS PLAN Actualité
Le développement durable au cœur du Mené 9

GROS PLAN Actualité
Rennes se met à la page 10



GROS PLAN Histoire et société
Le granit reste mais la technique évolue 11

DOSSIER Le Nec à géométrie variable 13

Le Nec, "un bâtiment magnétique" 14

La passion de construire 15

Le Nec, un bâtiment qui flotte ? 16/17

Le musée. Une œuvre extérieure pour des œuvres intérieures ... 18

La bibliothèque. Pencher et tenir : le défi des constructeurs 19

Gonflé, le dôme de l'Espace des sciences 20/21

Pour en savoir plus 21

Développement européen 22



GROS PLAN Comment ça marche ?
Installer une grue dans un espace restreint 23

AGENDA 24/25

À L'ESPACE DES SCIENCES 26

SCIENCES OUEST
sur Internet :
www.espace-sciences.org



Supplément Découvrir
Les lois du désordre 26



Les échos de l'Ouest

● Échange de compétences

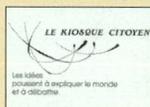


Cinq élèves de l'École nationale

supérieure des télécommunications de Bretagne (ENSTB) ont intégré, depuis le 5 avril, le cursus de 3^e année de l'École supérieure de commerce de Grenoble (ESC). Parallèlement, un groupe d'étudiants de Grenoble viendra dès le mois d'octobre en Bretagne afin de recevoir les mêmes enseignements que leurs homologues ingénieurs. À l'origine de ce rapprochement, la volonté de favoriser le métissage des cultures technologique et managériale. Au-delà du simple échange "interculturel", cette initiative pédagogique propose un réel avantage : elle permet d'acquérir une double compétence, très prisée dans les entreprises. Pour ce faire, les 5 diplômés de l'ENSTB vont suivre des cours de gestion, de finance, de droit ou encore de marketing, alors que les étudiants de l'ESC intégreront la filière Conception et marketing des services d'information de l'école d'ingénieurs bretonne.

→Rens. : ENST Bretagne, tél. 02 29 00 11 11, www.enst-bretagne.fr

● Aux origines de



l'homme

Pascal Picq, maître de conférences au Collège de France,

responsable de l'unité de paléo-anthropologie et d'anatomie fonctionnelle appartenant à la chaire du professeur Yves Coppens, a animé le 22 avril dernier, à la faculté de droit et de sciences politiques de Rennes, une conférence sur l'étude scientifique des origines de l'homme. Soucieux de faire oublier la représentation très linéaire de l'homme qui se redresse petit à petit jusqu'à acquérir la bipédie, Pascal Picq préfère parler d'une évolution mosaïque. Il a aussi rappelé les deux grandes révolutions qui ont permis une meilleure compréhension du sujet : les fouilles et l'observation des chimpanzés sur le terrain et, dans les laboratoires, les progrès du point de vue de la génétique et de la théorie de l'évolution. Enfin, et malgré les progrès réalisés, Pascal Picq a insisté sur le fait qu'il reste encore beaucoup à découvrir dans ce domaine.

→Rens. : Le Kiosque citoyen.

● Les 20 ans de l'ESC Brest



L'institut agroalimentaire international du groupe

ESC Brest, mastère spécialisé et 3^e cycle en commerce international marketing des produits alimentaires, a célébré son 20^e anniversaire le 27 avril dernier. À cette occasion, Raymond Destin, directeur général de la confédération des Industries agroalimentaires (IAA) européennes et parrain de cette journée, a animé une conférence-débat autour du thème : "Les IAA de l'Union européenne face aux défis du XXI^e siècle : mondialisation, sécurité alimentaire, évolution de la consommation". La 20^e promotion du mastère était aussi à l'honneur avec ses 258 diplômés dont un grand nombre a entamé une carrière à l'étranger : Espagne, Allemagne, Tunisie, États-Unis, Afrique du Sud... Pour preuve, la conférence de Raymond Destin était retransmise en temps réel par le biais du site Internet de l'ESC Brest afin de satisfaire tous ceux qui ne pouvaient pas s'y rendre.

→Rens. : www.esc-brest.fr

● La Cité de la mer

Le 29 avril, la Cité de la mer de Cherbourg-Octeville ouvrait ses portes au public. Situé au cœur de la ville et face au port de plaisance, ce nouvel ensemble entièrement dédié à la découverte du monde sous-marin s'articule autour de trois pôles. La "Grande halle", espace de 6 000 m², renferme le célèbre bathyscaphe Archimède qui permit l'exploration des grands fonds entre 1962 et 1974. L'aquarium abyssal du pavillon d'expositions permanentes vous fera voyager des eaux de surface jusqu'au domaine hadal (de -6 000 à -11 000 m). Pour finir, vous pourrez pénétrer à bord du sous-marin *Le Redoutable*. Capable d'accueillir 120 hommes d'équipage, ce submersible démilitarisé de 128 mètres de long vous révélera tous les mystères de la vie à bord.

→Rens. : www.citedelamer.com

● Un Breton récompensé au Siemens Mobile



Java Masters

Le 30 avril dernier a eu lieu la remise des prix du premier concours de programmation en Java sur téléphone mobile, organisé par Siemens (en partenariat avec Sun Microsystems). À cette occasion,

Hervé Marcasua, étudiant à l'ENST Bretagne, s'est vu remettre le prix de la meilleure application "Business" pour le développement d'une méthode de traitement automatisée des sondages et enquêtes d'opinion via SMS. Il a ainsi reçu un chèque de 2 000 euros, avant de repartir à l'université de Sussex, partenaire de l'ENSTB en Grande-Bretagne, où il poursuit actuellement ses études. Au total, ce concours ouvert à toutes les écoles d'ingénieurs et IUT en France a réuni une dizaine d'équipes venues défendre leur projet dans les catégories Grand Prix, meilleures applications "fun", "Vie pratique", et "Business".

→Rens. : www.smjm.com

● Science à l'extrême sud



Une station polaire est actuellement en construction en Antarctique. Ce chantier s'inscrit dans le cadre du projet franco-italien Concordia dirigé par Patrice Godon de l'Institut polaire français Paul-Émile Victor, basé à Brest. Dès 2004, une première équipe de chercheurs devrait pouvoir s'y installer et ainsi profiter de l'obscurité et des -80°C qui règnent durant les six mois que dure l'hiver à ce niveau du globe ! Le but : s'implanter, au même titre que les États-Unis et la Russie, à l'intérieur du continent Antarctique pour dresser un bilan de santé de la planète. Couche d'ozone, pollution atmosphérique..., le cadre est idéal pour réaliser les mesures indispensables à la compréhension de ces phénomènes, et nécessaires pour prévoir leur évolution. En parallèle, des travaux de forage sont en cours et devraient permettre une étude de 500 000 ans de variations climatiques.

→Rens. : www.ifremer.fr/ifrtp

● "Observons la mer"



L'association pour l'étude et la conservation des séliens, le groupe mammalogique breton, le laboratoire d'étude des mammifères marins et le service aquariologie d'Océanopolis se sont associés pour lancer au printemps 2002 l'opération "Observons la mer".

Objectif : mieux connaître la répartition du requin pèlerin, des tortues marines, des mammifères marins et aquatiques dans les eaux côtières bretonnes. Grâce à un système de fiches qu'il sera possible de se procurer dans les capitaineries des ports, les mairies des communes littorales ou encore sur le site Internet, le public, qu'il soit professionnel ou non, pourra transmettre les observations qu'il aura réalisées. Une fois collectées, elles contribueront à l'étude et la protection du patrimoine naturel marin de Bretagne.

→Rens. : Service aquariologie - Océanopolis, tél. 02 98 34 40 51, www.observonslamer.org

Contactez-nous pour paraître dans le prochain **Sciences Ouest !**

Tél. 02 99 35 28 22
Fax 02 99 35 28 21
redaction@espace-sciences.org

QUI A DIT ?

"L'architecte d'aujourd'hui n'a pas de fleur à sa bétonnière."

Réponse page 25

À lire

● À la recherche d'une agriculture durable Étude de systèmes herbagers économes en Bretagne

À l'heure où certaines méthodes de production agricole portent atteinte à l'environnement et à la santé publique, cet ouvrage rappelle qu'il existe des systèmes de production plus durables, liés au sol, et privilégiant le retour à l'herbe et au pâturage. Données scientifiques à l'appui, ce livre démontre l'originalité mais aussi la crédibilité technique et socio-économique de nouvelles pratiques et de nouveaux systèmes d'élevage et de cultures en Bretagne.

→Inra éditions, 2002, 646 p., 54 €.



Du côté des entreprises

● Nouveaux locaux pour Rennes Atalante

Rennes Atalante, qui a récemment renouvelé la convention de coopération qui la lie à Rennes Métropole, va investir les anciens locaux d'Acterna, entreprise basée à Cesson-Sévigné dont la fermeture est annoncée depuis décembre dernier. L'idée : créer une maison de la technopole qui accueillera les services de l'association de Rennes Atalante, le CNRS, l'Inpi (Institut national de la propriété industrielle) ainsi que d'autres organismes liés à la technopole. Pour cela, il est prévu de construire une extension de 2 000 m² en plus du bâtiment de 1 500 m² déjà existant ainsi qu'un parking souterrain. Jacques de Certaines, président de Rennes Atalante, précise que ce projet devrait aboutir fin 2003 ou début 2004, ce qui coïnciderait avec le 20^e anniversaire de la technopole.

→ Rens. : Technopole Rennes Atalante, tél. 02 99 12 73 73.



LOUISAÏE BRETHEROT

Donjon, vice-président du groupe Johnson Controls Automotive Electronics. L'événement a permis aux élèves ingénieurs de présenter les études qu'ils ont réalisées pour le compte des professionnels associés à l'opération. Au programme : 34 projets proposés, allant de la valorisation des matériaux de la déconstruction automobile, à l'étude de nouvelles couveuses pour pintades au Burkina Faso (photo). "C'est la première occasion pour les étudiants d'être en contact direct avec un client industriel", a souligné Louis Bouan, le directeur de l'école, qui a fait des relations avec le monde professionnel une de ses priorités.

→ Rens. : Catherine Herbreteau, tél. 02 99 05 84 83, Herbreteau@ecole-debroglie.fr

● Jean-Claude Bodéré retrouve la présidence de l'UBO

Le 21 mai dernier, à l'issue de deux tours de scrutin, Jean-Claude Bodéré a été élu président de l'Université de Bretagne occidentale (UBO) et succède ainsi à Claude Appriou. Ayant déjà occupé ce poste de 1992 à 1997, il est le premier à réaliser deux mandats à la tête de l'établissement. Au deuxième tour du scrutin, Jean-Claude Bodéré, qui était opposé au juriste Jacques Baguenard, l'a emporté par 76 voix contre 57. Il entend démystifier la présidence, sans pour autant l'amoinrir et s'est fixé deux priorités : résoudre les problèmes d'ordre pédagogique et développer la recherche afin de permettre à l'UBO d'acquiescer une reconnaissance nationale et internationale.

→ Rens. : <http://www.univ-brest.fr>

● Futurs ingénieurs au service des entreprises

Le 10^e forum des projets industriels de l'école Louis de Broglie s'est déroulé le 23 mai dernier sur le campus de Ker Lann, à Bruz (35). Cette manifestation, qui s'inscrit dans les festivités organisées à l'occasion des 10 ans du campus, était présidée par Marie-Joseph Bissonier, président du Conseil général et Nicolas

RADOME

Musée des Télécoms

- > RÉALITÉ VIRTUELLE
 - > TÉLÉCOMS AU FUTUR
 - > SPECTACLES
 - > JEUX VIDÉO
- 8 JUILLET - 31 AOÛT

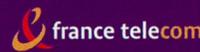


La meilleure façon de **savoir** ce que c'est, c'est encore d'y **entrer**

Pleumeur-Bodou
Site de Cosmopolis

Tél. 02 96 46 63 80 (24 h/24)

www.leradome.com



Internet

→ <http://citedelamer.com>

Pour accompagner son ouverture (voir page ci-contre), la Cité de la mer a mis en ligne un site Internet complet et très ludique. Au programme : prenez les commandes du sous-marin *Le Redoutable* ou plongez au cœur de l'aventure abyssale grâce à de nombreuses animations. Le site propose aussi toutes les informations nécessaires à la préparation de votre visite, des renseignements sur la ville de Cherbourg, sur le Cotentin, ainsi que l'actualité des différentes expositions présentes à la Cité de la mer. Une très belle réalisation graphique.



STEFANIE PAILLET

→ www.futura-sciences.com

Actualités, dossiers, portraits, chronologies (histoire de l'informatique, conquête de l'espace...), questions/réponses (Est-il possible de traverser... les murs ?), événements (forums, expositions), ce "Webmagazine" sur les sciences et les technologies possède une multitude d'entrées. Pour fêter son premier anniversaire, Futura-Sciences organise un jeu concours, dont voici la partie concernant l'Espace des sciences, partenaire du site.

1/ En quelle année a été créé l'Espace des sciences ?

- 1982 1984 1994

2/ Dans quelle région se trouve l'Espace des sciences ?

- Île-de-France Picardie Bretagne

3/ Quel était l'ancien nom de la revue Sciences Ouest ?

- Réseau Réseau Ouest Espace-sciences magazine

4/ Quelle est la fonction de Christelle Gony ?

- Médiatrice scientifique Commissaire d'exposition Conceptrice d'exposition

5/ Combien de personnes ont visité les expositions de l'Espace des sciences ?

- 10 000 75 000 100 000

6/ Quel est le nom de l'exposition que l'Espace des sciences propose du 11 avril au 31 juillet ?

- Planète son Le miroir de Méduse Les ailes de l'Atlantique

7/ Combien d'espèces de méduses ont été répertoriées à ce jour dans le monde ?

- 10 espèces 100 espèces 1 000 espèces



STEFANIE PAILLET

Jouez sur futura-sciences.com du 15 juin au 14 juillet ; des cadeaux sont offerts par les différents partenaires : entretiens exclusifs avec les prestigieux parrains du site (Pierre Gilles de Gennes Prix Nobel de physique et Roger Maurice Bonnet astrophysicien), CD-Rom, livres, entrées dans différents musées et centre de recherche en France, posters, T-Shirts...

Rennes Capitale du développement durable

Sommet de Rennes

Placé auprès du Premier ministre, le Comité français pour le sommet mondial du développement durable regroupe une soixantaine de personnalités. Leurs propositions seront présentées publiquement à Rennes et feront l'objet d'un Livre blanc des acteurs français qui sera diffusé à Johannesburg. Ce colloque sera suivi du 3 au 7 juillet par les "Journées de préparation du sommet", organisées par les ONG et l'université d'été sur le développement durable. ■

Les 1^{er} et 2 juillet, la ville de Rennes accueillera le colloque "Un nouvel élan pour la planète", qui réunira les acteurs français du développement durable, en préparation du sommet de Johannesburg (26 août-4 septembre). L'occasion de faire un point sur ce sujet bien souvent méconnu.

→ La notion de développement durable est née de la réflexion de la Commission mondiale sur l'environnement et le développement, initiée par les Nations Unies. Présidée par le Premier ministre norvégien de l'époque et future présidente de l'OMS, Madame Gro Harlem Brundtland, cette commission publia en 1987 un épais rapport qui, s'appuyant sur une série d'indicateurs objectifs, tirait la sonnette d'alarme vis-à-vis des catastrophes écologiques vers lesquelles court l'humanité. Le pillage des ressources naturelles, la disparition inquiétante des écosystèmes, la pollution de l'atmosphère, de l'eau, du sol... profitent aujourd'hui à quelques nations riches, mais pour combien de temps ? L'humanité se doit de léguer aux générations futures un environnement équilibré. La seule solution pour y parvenir est le "sustainable development", un développement soutenu dans le temps et soutenu par tous. C'est cette idée qui a été (mal ?) traduite en français par le terme de "développement durable".

Cela a été particulièrement visible lors des sommets de la Terre de Rio (1992), Washington (1995) ou de Kyoto (1997), au cours desquels on attendait des 159 États participants, la décision unanime de réduire les émissions de gaz à effet de serre. Il n'en a rien été, faisant ressembler ces sommets à des verres dont on ne sait s'ils sont à moitié pleins ou à moitié vides... Les pays riches ont en effet traîné des pieds - quand ils n'ont pas catégoriquement refusé, comme les États-Unis (pourtant le plus gros pollueur au monde), au nom de la sacro-sainte liberté de commerce - à prendre des décisions qui pourraient pénaliser le développement de leurs industriels. De fait, seuls 38 pays ont signé un accord les engageant à diminuer de 5,2 % leurs émissions d'ici... 2012 ! Et c'est l'Europe qui, acceptant une réduction de 8 % en a pris la plus large part. Certains pays ont même réussi après un bras de fer épique, à obtenir une augmentation de leurs émissions ! L'Australie (+ 8 %), la Norvège

(+ 1 %), l'Islande (+ 10 %)... De leur côté, les pays pauvres se sont insurgés contre les exigences des pays riches, considérant comme injuste que ces derniers, les plus gros pollueurs, puissent réclamer aux plus pauvres des réductions de croissance, sans contreparties financières ou aide durable et soutenue de leur développement économique.

Mais, à côté de ces préoccupations (majeures) internationales, la notion de développement durable a également pris une multitude de formes et d'implications nouvelles, au fur et à mesure que les uns et les autres se la sont appropriée. Véritable prise de conscience de la nécessité que chacun a d'agir, à son échelle, pour la protection de l'environnement et le bien-être de tous. Cela est particulièrement visible avec le développement du tri sélectif des déchets, le recyclage d'une partie de ces derniers, le développement des énergies alternatives... Mais cela peut également prendre des formes beaucoup plus surprenantes et discrètes comme l'investissement éthique (refus des épargnants de financer des compagnies polluantes en achetant leurs actions), le commerce éthique (refus

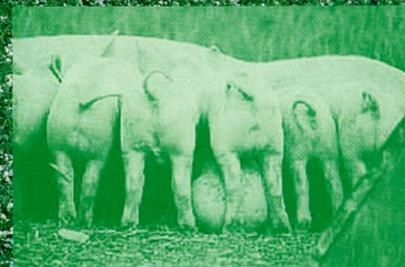
d'acheter des produits pour lesquels les petits producteurs, souvent habitants de pays pauvres, ne recevraient pas une juste rémunération)... On se souvient ainsi de la campagne de boycott de l'Américain Nike, qui faisait réaliser ses ballons de foot et ses chaussures par des entreprises du tiers monde en exploitant le travail d'enfants.

Bref, le développement durable est devenu l'affaire de tous et une question de responsabilité citoyenne. Nous aurons l'occasion de développer ce sujet dans un prochain dossier. ■ J.F.C.

Contacts → Hébergement :
Office du tourisme de Rennes,
tél. 02 99 67 11 11 ;
Organisation (informations sur le contenu) : CFSMDD,
tél. 01 42 75 86 70 ;
Informations pratiques
(Maryvonne Lahaie Communication),
tél. 02 83 42 44 10,
<http://www.ville-rennes.fr/johannesburg2002> ;
et pour les journées des ONG :
Tél. 01 44 64 75 82,
www.collectifjohannesburg2002.org

Le développement durable au cœur du Mené

Un petit groupe d'éleveurs du Mené (Côtes-d'Armor), conscient de ses responsabilités vis-à-vis des générations futures, s'est lancé dans un projet original et unique en France, pour tenter de résoudre l'épineuse question des excédents de lisier. Visite guidée.



→ En 1997, un petit groupe de 15 ruraux se constitue en association (Mené initiative rurale, Mir), afin de mener une réflexion et des actions en faveur de leur environnement et du développement durable : maintien des exploitations existantes, installation de jeunes, mise en valeur de la vallée du Léry... Très rapidement, à côté d'actions comme la volarisation d'un fond de vallée à but pédagogique, l'organisation de soirées à thèmes, ou l'amélioration de l'accueil touristique et la réhabilitation de haies et de talus..., Mir axe sa réflexion sur la difficile question de la qualité de l'eau et, en particulier, du traitement et de la valorisation des excédents de lisier de porc. Et comme "unis", on est plus fort, la Cuma (Coopérative d'utilisation de matériel agricole) Mené-Energie est créée en 1999 et regroupe aujourd'hui une trentaine d'exploitants. "Dès le départ, explique le président de la Cuma, Dominique Rocaboy, nous sommes partis de l'idée qu'il y avait certainement mieux à faire avec les déjections animales, que de les laisser fermenter et de rejeter ainsi dans l'atmosphère des gaz à effet de serre ! Nous avons donc organisé une série de voyages d'information, au Danemark, au Luxembourg

et en Allemagne... afin d'étudier ce qui se faisait ailleurs."

Très vite, il apparaît aux membres de la Cuma que la meilleure solution est sans doute la méthanisation. Un procédé qui consiste à chauffer entre 30 et 50°C le lisier, dans une cuve fermée et anaérobie, durant une vingtaine de jours. Sous l'action des bactéries se dégage alors du méthane (gaz de ville), qui servira à produire de l'énergie. Reste un "digestat", parfaitement inodore, tout à fait stabilisé et constituant un excellent amendement pour les sols. Au Danemark, par exemple, ce digestat est utilisé comme tel sur les terres. Mais les membres de la Cuma devaient également découvrir que, dans certaines unités de traitement, l'énergie produite par le méthane pouvait servir à dessécher le digestat. On obtient ainsi d'un côté de l'eau et, de l'autre une poudre qui peut, elle aussi, être employée comme engrais.

En 2000, la Cuma lance un appel d'offres, et retient la candidature de Sinerg, leader français en matière d'investissements dans les énergies renouvelables (éolien notamment), filiale de la Caisse des dépôts, récemment rachetée en grande par-

tie par la société Idex. Avec l'aide de ces techniciens le projet évolue de nouveau. Tout d'abord, au niveau de la méthanisation, il apparaît que l'on peut en améliorer le rendement en ajoutant au lisier une certaine quantité de graisses ou de déchets gras issus des industries agroalimentaires, elles-mêmes déjà lourdement taxées pour le traitement de leurs déchets. Plusieurs usines de Loudéac sont alors intéressées pour fournir ce complément. La quantité de méthane ainsi obtenue serait suffisante à plus de 90 % pour dessécher le digestat. Grâce à l'évaporation de l'eau puis un filtrage par osmose inverse, l'usine pourra produire 150 m³ d'eau déminéralisée et biologiquement neutre par jour. Enfin, la matière desséchée, mise sous forme de granulés, pourra être commercialisée comme engrais d'excellente qualité.

Avantages d'une telle unité : 60 000 tonnes de déchets traités annuellement dont 35 000 tonnes de lisier, ce qui est suffisant pour le petit groupement de la Cuma. Aucun rejet solide, pas d'odeurs, pas de bruit (environ 3 Db !) et un équilibre économique : autosuffisance énergétique, commercialisation des engrais, cotisation des agriculteurs et industriels..., de quoi

amortir en 15 ans environ les quelque 7,6 millions d'euros (50 MF) d'investissement consentis.

Ce projet, qui sera une première en France, devrait voir le jour d'ici 2003. Reste l'épineux problème du site d'implantation. Lors d'une récente réunion publique, destinée à informer les riverains d'un site pressenti à Saint-Gilles-du-Mené, il est en effet apparu que, si personne ne conteste la qualité environnementale du projet (qui devra répondre à la norme ISO 14 000 A), les réticences restent vives pour les riverains de voir émerger une usine à proximité de leur habitation. Réticences qui faiblissent, quand est évoqué l'avenir des petits agriculteurs. Les nouvelles normes très restrictives en matière d'épandage obligent en effet les exploitants à envisager des investissements de l'ordre de 150 000 € (près du million de francs) pour se mettre aux normes... Une somme trop importante, qui pourrait contraindre nombre d'entre eux à "mettre la clé sous la porte". ■

J.F.C.

Contact → Dominique Aufrère,
tél. 02 96 67 79 74.

Rennes se met à la page

30000, tel est le nombre d'ouvrages que pourra accueillir le pôle sciences et techniques de la bibliothèque du Nec. La constitution d'un tel fonds documentaire représente un enjeu pour Marie-Luce Poupard et son équipe qui y travaillent déjà depuis six mois. Récit de cette entreprise.

→ La nouvelle bibliothèque rennaise actuellement en construction sur le chantier du Nec s'apprête à faire la part belle aux sciences et techniques. En effet, sur les six étages que compte le bâtiment, le troisième y sera entièrement consacré. L'objectif est clair mais ambitieux : 20 000 volumes devront avoir pris place dans les rayonnages "du pôle 3" lors de son ouverture en 2004. Environ 5 000 d'entre eux seront issus de la bibliothèque Colombia, 3 000 de la bibliothèque de la Borderie et les 12 000 restant sont à acheter durant les deux années à venir. Pour atteindre les 30 000 titres escomptés, 10 000 seront encore à acquérir par la suite.

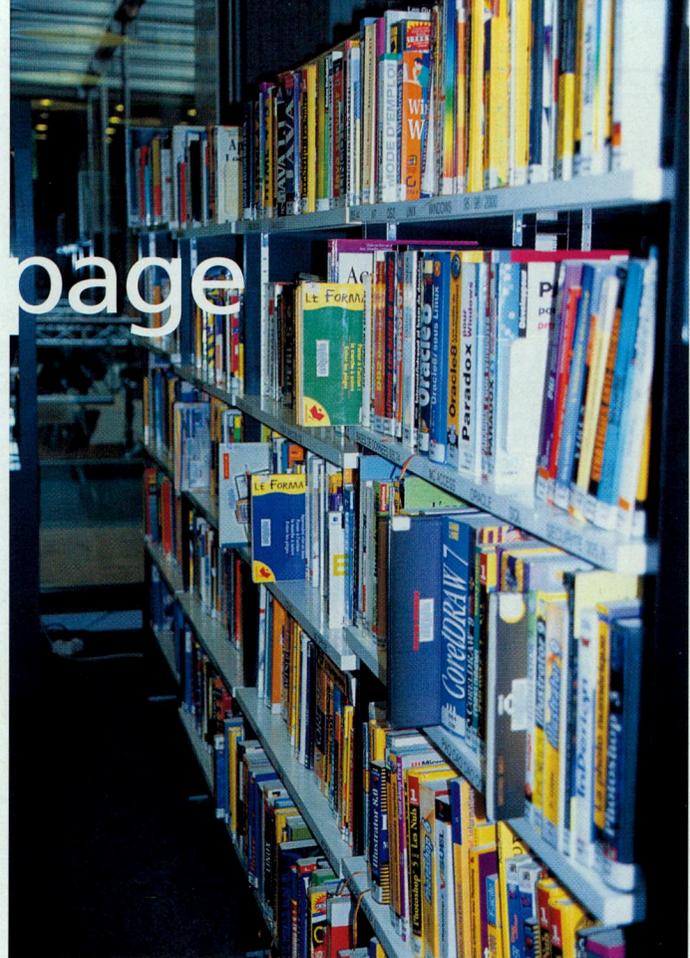
Un travail de tri colossal

Un autre chantier interagit avec le projet Nec. Les bibliothèques de Rennes Métropole sont en effet en train de réaliser leur inventaire en vue du changement de leur système

informatique. Cette opération va largement faciliter la récupération des ouvrages destinés au pôle 3. Ceux venant de Colombia, relativement récents puisque la plupart a moins de dix ans, traiteront principalement de l'actualité des sciences et surtout des techniques, l'offre étant plus abondante dans ce domaine. En parallèle, le tri des collections stockées dans les six étages du fonds général de la Borderie est en cours. Chose étonnante : par manque de place, les ouvrages y sont classés non pas par thèmes... mais par tailles, ce qui est loin de faciliter la tâche ! "C'est un fonds que l'on ne connaît pas, précise Marie-Luce Poupard. Six mois de travail nous ont permis de récupérer 200 volumes." 200 sur les 3 000 qu'il faudra en retirer, on prend ainsi conscience de l'ampleur du travail à réaliser. À noter que, à la différence de Colombia, la Borderie devrait permettre la constitution du fonds "ancien" du pôle sciences et techniques avec des titres datés des années 1960 aux années 1980 ; les livres antérieurs à 1960 rejoindront quant à eux le fonds patrimonial de la bibliothèque du Nec.

Vers un fonds documentaire plus récent

Le reste des volumes est acheté en librairie, grâce à la consultation systématique de l'office des éditeurs. Cela permet de prendre connaissance de 80 à 90% des nouveautés, soit environ 500 livres chaque semaine. Les 10 à 20% restant sont traqués par un dépouille-



ment scrupuleux de tous les catalogues d'éditeurs et de la revue Livres de France. Le fruit de ces recherches : 40 à 50 titres achetés chaque semaine. Les thèmes abordés sont très variés puisque, pour les bibliothèques, les sciences et techniques englobent des domaines aussi différents que le jardinage, la santé, la cuisine, l'hygiène... "Des vignes à la vache qui rit !", s'amuse Marie-Luce Poupard avant de préciser que "la charte d'acquisition à Rennes impose néanmoins de ne pas acheter de livres en anglais, ce qui nous différencie des bibliothèques universitaires." Ce travail a aussi permis à l'équipe de noter une évolution dans le contenu des publications scientifiques et techniques qui "sont beaucoup moins riches que dans les années 1980 ; l'information y est moins construite, plus fractionnée et s'apparente de plus en plus à ce que l'on trouve sur Internet."

Un changement radical de politique

Les 475 m² du pôle 3 proposeront donc un très large éventail d'informations capable de satisfaire tous les publics. "Grâce à l'espace qu'offre le Nec au pôle sciences et techniques, c'est la première fois, à Rennes, que l'on pourra trouver dans des rayonnages des livres avec de telles différences de dates, de contenus et de niveaux. De plus, les visiteurs seront surpris de voir de si belles éditions en

accès au prêt. C'est vraiment quelque chose de nouveau !", souligne, très enthousiaste, Marie-Luce Poupard. Alors qu'auparavant, obtenir un ouvrage "un peu complexe" nécessitait souvent d'en trouver la référence puis de le rechercher en magasin, l'accent est aujourd'hui mis sur le libre accès. Libre accès aux livres, mais aussi aux différents supports multimédias comme les vidéos documentaires, les CD-Rom et les sites Internet. Les CD-Rom, proposés non plus pour le support lui-même mais pour leur contenu, seront consultables grâce à la douzaine de terminaux informatiques mis à disposition du public, qui donneront en outre un accès à Internet et la possibilité d'interroger le catalogue de la bibliothèque grâce à une nouvelle interface plus conviviale.

La bibliothèque du Nec jouera donc un rôle de bibliothèque de quartier auquel s'ajoutera une dimension plus régionale. En effet, avec à terme 30 000 volumes et une centaine de périodiques, le pôle 3 est en passe de devenir l'un des plus importants fonds documentaire sciences et techniques accessible à tout public en Bretagne. ■ L.M.B.



Contact → Marie-Luce Poupard, responsable de la bibliothèque Colombia et du pôle sciences et techniques de la bibliothèque du Nec, tél. 02 99 30 04 94.

Le granit reste mais la technique évolue



Le granit fait incontestablement partie du patrimoine de la Bretagne. Les hommes l'utilisent depuis toujours pour leurs constructions. Mais en 50 ans, l'industrie du granit a connu une révolution technique totale. Petite page d'histoire.

→ Dans le courant du XIX^e siècle, un nombre important d'exploitations et d'ouvriers se sont installés sur un espace restreint, donnant ainsi naissance à de véritables bassins granitiers. L'Ille-et-Vilaine en compte trois, toujours en activité, autour de Louvigné-du-Désert et de Saint-Brice-en-Coglès dans la région de Fougères et de Lanhélin, dans la région de Saint-Malo.

Et si l'extraction constitue toujours une partie délicate, on est désormais loin du travail du "bagnard" du début du XX^e siècle. À partir des années 1920, des compresseurs permettent en effet d'utiliser des perforatrices, qui améliorent le travail de minage et de fente des blocs. Depuis les années 80, c'est un procédé américain de tranchage thermique qui, grâce à un lance-flammes à 2500°C, permet de faire de profondes saignées pour extraire de grosses masses de rocher. Et depuis le milieu des années 1990, le rocher est même directement scié grâce à des fils diamantés.

Les progrès ont également été importants dans le domaine de la manutention, pour remonter les blocs à la surface. Les chevaux ont laissé la place aux treuils, qui ont été motorisés après la Seconde Guerre mondiale, ou encore aux transbordeurs constitués de deux treuils soutenant un câble aérien tendu au-dessus du trou d'exploitation. Des grues, dont la taille a augmenté avec celle des entreprises, ont aussi été utilisées et plus récemment, ce sont les pelleuses et les chargeurs qui servent à déblayer et tourner les blocs au fond de la carrière.

Une fois extrait, le granit subit divers traitements pour se transformer en moellons pour la construction, en monuments funéraires, ou encore en pavés ou bordures de trottoirs. À l'origine entièrement exécuté à la main, le travail de la pierre nécessite un long apprentissage. Dans les années 1950, la bouchardeuse électrique se généralise : elle permet d'aplanir la surface des blocs en augmentant considérablement le rendement du travail. Le développement du sciage, qui avait depuis longtemps révolutionné l'utilisation des marbres et du calcaire, permet par ailleurs de diversifier l'emploi du granit. Des premières machines à lames, qui sciaient 5 cm à l'heure, on passe aux appareils à fil hélicoïdal. Le fil, constitué de deux brins torsadés d'environ 4 mm de diamètre, rendu abrasif grâce à de la grenaille et de l'eau, permet d'atteindre 15 à 20 cm à l'heure. Puis, le carborundum abrasif, en provenance des États-Unis, remplace la grenaille et après 1990, le fil à olive diamantée, composé de segments placés tous les 15 à 20 cm, améliore grandement le ren-

dement. Enfin, des débêteuses avec des disques diamantés permettent de couper le granit de plus en plus finement. Dans les années 80, des scies capables de transformer des blocs de plusieurs tonnes en plaques normalisées de quelques centimètres d'épaisseur ouvrent de nouveaux marchés, notamment celui du revêtement pelliculaire des façades ou le carrelage. Avec le perfectionnement des machines à polir, d'autres produits émergent dans le domaine du mobilier intérieur, par exemple, avec les tables et les plans de travail de cuisines et équipements de salles de bain.

Progressivement, le métier a évolué : la plupart des carrières ont été abandonnées et les entreprises se cantonnent désormais à la transformation. L'importation massive de pierres, en provenance d'Inde et de Chine notamment, depuis les années 1980, a certes contribué à diversifier l'offre, mais menace les granitiers locaux, même si la Bretagne reste la première région française pour la production du granit et emploie plusieurs milliers d'ouvriers dans ce secteur.

Le prochain sursaut viendra certainement de l'innovation technologique, comme en témoigne la

Un lieu pour sauvegarder la mémoire économique et technique de la Bretagne

Depuis quelques années, l'association présidée par Claude Geslin, professeur d'histoire à l'Université de Rennes 2, s'est fixé pour objectif la création d'un lieu pour la sauvegarde des archives économiques des entreprises, des coopératives ou des organisations professionnelles. Le projet, envisagé dans un cadre interrégional (Bretagne, Pays de la Loire et Basse-Normandie), aura plusieurs missions.

- La conservation des archives dites "mortes", c'est-à-dire celles dont le propriétaire n'a plus l'utilité (par opposition aux archives "vivantes", dont il a toujours l'usage et dont certaines informations sont encore confidentielles).
- La valorisation des documents qui, après traitement et selon les accords passés avec les organisations versantes, seront mis à la disposition des chercheurs et du grand public.

- Un lieu de mémoire, avec un espace muséal présentant l'histoire économique et scientifique de la Bretagne depuis deux siècles. ■

→ Rens. : Association de préfiguration du Centre des archives industrielles et du monde du travail, c/o Jérôme Cucarull.

→ Cotisation : particuliers : 15 €, personnes morales et entreprises : 50 €.

Générale du Granit à Louvigné-du-Désert qui, après six années de recherche, a mis au point en 2000, un produit spectaculaire : la pierre lumineuse est née de l'adaptation d'une technique de collage de pointe (utilisée par la Nasa pour les navettes spatiales) qui permet de mélanger verre et pierre pour obtenir une grande résistance au feu tout en laissant passer la lumière. La preuve que le granit a encore de beaux jours devant lui. ■ J.C.

À lire



Le granit en Ille-et-Vilaine. Une économie, des hommes, un patrimoine, Rennes, 2001, Jérôme Cucarull.

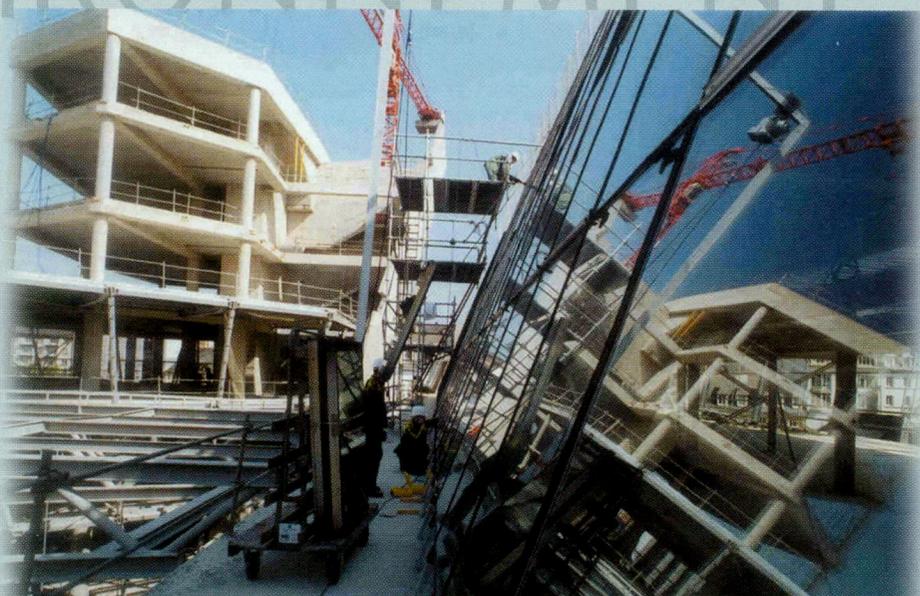
18,14 € + 3,66 € (frais de port). ■

→ Rens. : Syndicat mixte des marchés de Bretagne, Saint-Étienne-en-Coglès (35), tél. 02 99 18 59 13.



Contact → Jérôme Cucarull, docteur en histoire, consultant (études et expertises autour de la valorisation du patrimoine et de l'histoire industriels), 19, avenue Gaston Berger 35000 Rennes, tél./fax 02 23 46 36 95, jerome.cucarull@caramail.com.

BATIMENT GÉNIE CIVIL TRAVAUX PUBLICS ENVIRONNEMENT



BATIMENT

GÉNIE CIVIL

TRAVAUX PUBLICS

INDUSTRIE

ENVIRONNEMENT

OUVRAGES D'ART

Nouvel Equipement
Culturel de Rennes.



INDUSTRIE OUVRAGES D'ART

Si vous souhaitez participer à la construction de chantiers
d'envergure, à forte technicité, et donner du souffle
à forte carrière,
Ecrivez-nous à :
recrut@gtb-bouyer-duchemin.fr ou à l'adresse suivante :

GTB

Centre d'affaires LE BIGNON
4, rue du Bignon
35044 RENNES Cedex
Tél. 02.99.22.76.22
Fax. 02.99.41.85.86



Le Nec à géométrie variable

Une montgolfière dans le ciel rennais ! Elle ne se déplace pas ? Elle semble accrochée ! Tiens, elle change d'aspect, se solidifie, se couvre de béton, d'une toile, de bois, d'écailles de zinc...

Jour après jour, les Rennais ont pu suivre, au cours du mois d'avril, l'élévation un peu féérique du dôme de l'Espace des sciences au sein du chantier du Nouvel équipement culturel.

Entre la gare et l'esplanade Charles de Gaulle, le Nec, qui accueillera en 2004 le Musée de Bretagne, la bibliothèque et l'Espace des sciences, est sorti de terre. L'architecte l'a imaginé comme une "grande sculpture de couleur".

Taille imposante (120 m sur 50 m et 35 m de haut), volumes spectaculaires, matériaux variés, certains murs obliques et d'autres courbes. Alors que les techniques classiques de construction ont été poussées dans leurs retranchements, d'autres, totalement nouvelles, sont expérimentées pour la première fois. Bâtiment par bâtiment, nous vous proposons d'entrer dans les coulisses d'un chantier à géométrie variable. ■

C.C.

Le Nec

"Un bâtiment magnétique"

Presque dix ans déjà se sont écoulés depuis le concours lancé par la Ville de Rennes pour la construction du Nec, gagné par Christian de Portzamparc. Réseau, à l'époque, était allé à la rencontre du lauréat, diplômé de l'école des Beaux-Arts de Rennes. Retour sur sa vision du projet en 1993 et rencontre sur le chantier en 2002.

Octobre 1993

Sciences Ouest (Réseau) :
Quelles sont les particularités architecturales du Nouvel équipement culturel ?

Christian de Portzamparc : Je me suis progressivement rendu compte que l'unité générale du Nouvel équipement culturel n'était viable que si chaque partenaire gardait une identité forte. Si je fai-

sais une grande valise pour y ranger les différentes composantes, je risquais d'apporter une grande confusion aux yeux du public. L'Espace des sciences, comme la bibliothèque, comme le musée, ne pouvaient pas se réduire à quelques étages dans un immeuble. J'ai donc cherché, assez longtemps, à définir une forme spécifique pour chacun, tout en veillant à ce que le tout ait une unité : il fallait que ce soit un, il fallait que ce soit trois, il fallait que ce soit "trois en un". J'ai d'abord tenté de juxtaposer les trois composantes, avant de réaliser qu'il ne fallait pas les juxtaposer mais les imbriquer.

"J'ai d'abord tenté de juxtaposer les trois composantes, avant de réaliser qu'il ne fallait pas les juxtaposer mais les imbriquer."

poser mais les imbriquer. Il faut arriver à ce que les publics se multiplient au lieu d'être séparés. Dans cet objectif, l'accueil et les liaisons sont des éléments très importants. En particulier le réseau de passerelles doit susciter le plaisir de circuler, d'aller voir d'où vient cette lumière, pourquoi il y a ce cône.

Avril 2002

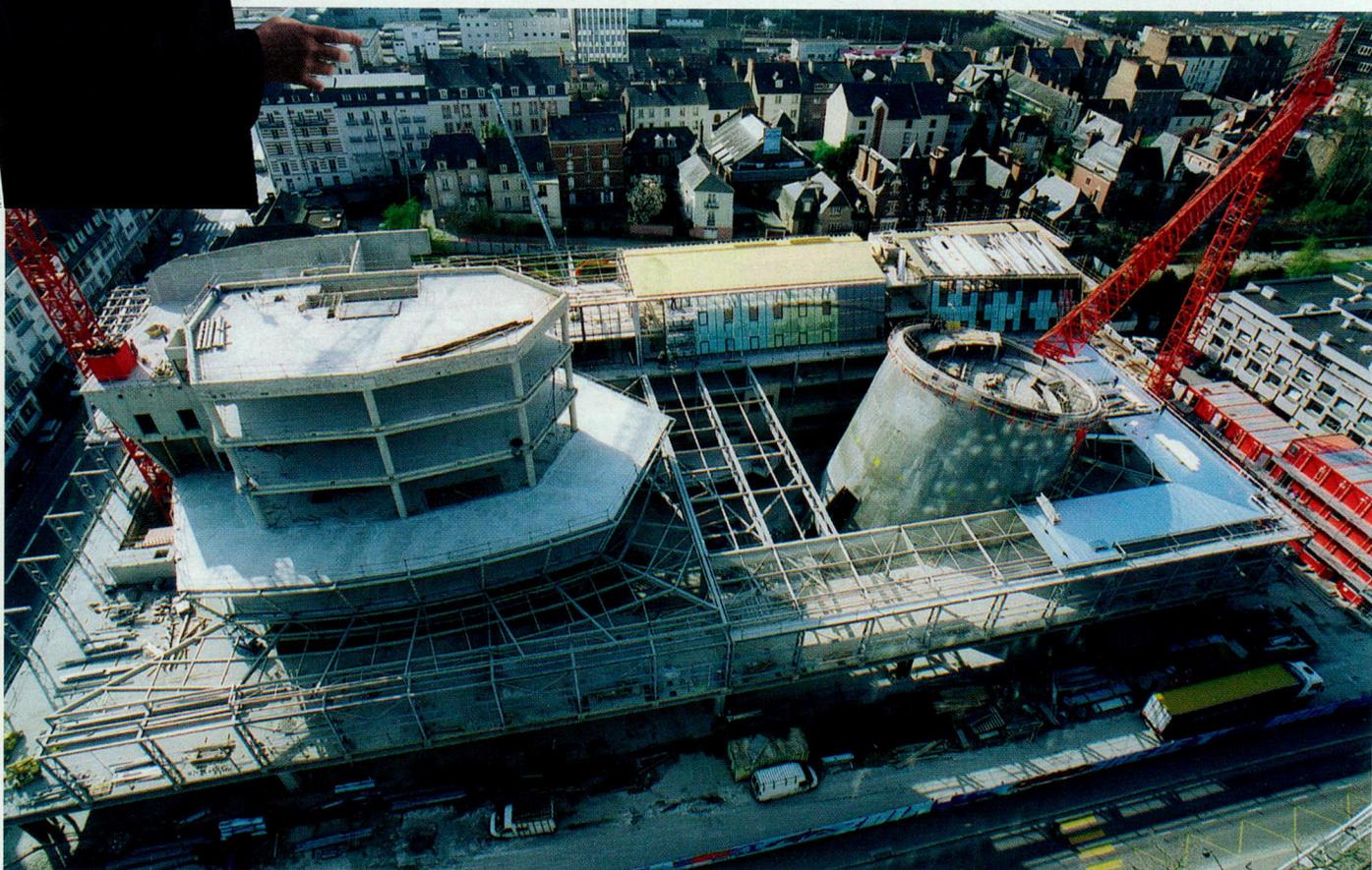
Sciences Ouest : *Vous aviez déjà travaillé sur l'association de plusieurs structures dans un même bâtiment avec notamment la Cité de la musique à Paris. Est-ce un moteur dans votre inspiration ?*

Christian de Portzamparc : Non, pas systématiquement, mais ce que j'ai beaucoup aimé, c'est la rencontre avec chacun des acteurs des trois structures. Ils m'ont raconté comment ils travaillaient, ce qu'ils attendaient ; ils m'ont communiqué leur passion et cela était très important pour moi. Comprendre comment allait s'organiser le flux des gens

était essentiel pour disposer les volumes.

Pour la bibliothèque, par exemple, le choix de la pyramide inversée s'explique de la façon suivante : mis à part l'espace enfants qui est à ce niveau pour des raisons de praticité et de sécurité, le rez-de-chaussée est volontairement réduit car il n'accueillera que la borne d'accueil pour les prêts et les retours. Par contre, plus on monte dans les étages, plus l'espace grandit. On y trouve une ambiance de calme et de lumière propice à la consultation des ouvrages et à la lecture. Pour l'Espace des sciences, c'est l'inverse, le cône se réduit à mesure que l'on monte : le rez-de-chaussée propose plus de 500 m² de salle d'exposition, puis 300 m² au premier étage pour enfin arriver sous le dôme plus confiné et plus intime du planétarium.

Avec le Nec, le travail sur le regroupement de trois entités a atteint son paroxysme ! Ce sera un bâtiment magnétique qui va attirer du monde. ■



La passion de construire

Directeur du chantier Nec, Jean-François Mari intervient pour l'entreprise de GTB du groupe Bouygues Construction, pour réaliser le lot "clos et couvert" du bâtiment. Dans la salle de réunion, quelques slogans - "Le plaisir naît du travail bien fait et le favorise", "Il n'y a pas de vent favorable pour celui qui ne sait où il va" - et des plans d'architecte tapissent les murs. Le ton est donné : plaisir du management et passion de construire un bâtiment peu ordinaire. Le patron du chantier nous fait partager son enthousiasme.

Sciences Ouest : Concrètement, quelles sont vos activités sur le chantier ?

Jean-François Mari : Je suis le représentant de l'entreprise sur le chantier. À ce titre, je suis l'interlocuteur privilégié de la maîtrise d'ouvrage (Rennes Métropole) et de la maîtrise d'œuvre (Atelier de Portzamparc). Je dirige le chantier en m'assurant que l'équipe de production à mes côtés ait tous les moyens pour apporter des solutions aux défis techniques qui nous sont confiés. Je veille particulièrement à la sécurité de nos compagnons. J'écoute, échange, arbitre et donne les orientations nécessaires pour que le chantier avance dans les meilleures conditions. Je m'attache enfin, et c'est ma première priorité, à satisfaire notre "client" dans le respect de nos obligations de délai, qualité et coût. Ce n'est pas simple pour un chantier de cette ampleur et de cette complexité.

S.O. : Vous êtes aussi le manager de l'équipe qui travaille sur le chantier. Comment exercez-vous cet aspect de votre métier ?

J.F.M. : Avec plaisir ! Oui, la passion de construire un bel ouvrage se conjugue au plaisir d'animer une équipe. Je dois gérer mes doutes et impulser mes convictions, appuyer mes collaborateurs pour qu'ensemble nous atteignons nos objectifs. Un chantier c'est le travail d'hommes et de femmes animés par une ambition commune. Chaque intervenant a sa place, son rôle, ses missions. Je suis très attaché à l'organisation, à l'efficacité collective et y ai beaucoup travaillé au lancement du chantier. Cela a porté ses fruits et nous sommes tous très enthousiastes malgré les difficultés de toute nature qui caractérisent ce grand projet.

S.O. : Ces difficultés, notamment celles liées à la créativité de l'architecte, sont-elles pour vous stimulantes ou parfois trop complexes ?

J.F.M. : Stimulantes bien sûr. L'architecte, Christian de Portzamparc, a imaginé pour ce bâtiment des structures, des volumes, des matériaux qui bousculent les techniques traditionnelles. Le fil à plomb qui donne la verticale doit être maîtrisé pour construire un bâtiment où tout est incliné ! Nous avons dû inventer des solutions adaptées aux défis architecturaux. Nous avons eu des échanges passionnants avec l'architecte. Très à l'écoute, il respecte nos compétences de constructeur, il fait partager ses propres convictions, affirme ses exigences et nous "pousse dans nos retranchements". Ensemble, nous avons progressé.



"Très à l'écoute, l'architecte respecte nos compétences de constructeur, il fait partager ses propres convictions, affirme ses exigences et nous pousse dans nos retranchements. Ensemble, nous avons progressé."

S.O. : Comment GTB puis vous-même êtes arrivés sur ce chantier ?

J.F.M. : La Ville de Rennes a lancé une consultation d'entreprises, fin 1999. GTB a été retenue pour réaliser le lot "clos et couvert", c'est-à-dire les structures béton et métalliques, les façades, verrières et couvertures ce qui représente environ 65 % du

montant total du bâtiment. Chef de projet et ingénieur arts et métiers, j'ai été nommé directeur de ce chantier. C'est une belle opportunité, tous les jours je suis interpellé par l'ouvrage, les hommes, leur imagination, leur capacité à travailler ensemble. Chaque étape de la construction du Nec me passionne. ■



Contact → Jean-François Mari, GTB,
tél. 02 23 44 80 50.

Le Nec, un bâtiment qui

Avec ses 6 000 m² d'emprise au sol, le Nec est un bâtiment colossal dont il convient de bien ancrer les fondations, et ce n'est pas si peu dire... Il est en effet construit près d'une petite colline, sur une nappe phréatique et au-dessus du tunnel du Val ; des contraintes environnementales particulières qui ont donc demandé de délicates mises au point techniques.

→ Le balai incessant et mystérieux des engins émergeant de la palissade opaque est bien souvent la première partie du chantier qui s'offre au yeux des passants curieux. Que se passe-t-il avant que les grues n'arrivent ? À combien de mètres sous terre commencent les travaux ? Plongeons dans les fondations du Nec.

Parons la paroi

28 septembre 2000, les entreprises investissent les lieux, s'installent sur le site, lancent les études d'exécution ; GTB prépare le chantier en neutralisant les différents réseaux d'assainissement, d'éclairage. Le terrassement commence alors en novembre, précédé de la construction de la paroi périphé-



Vue aérienne du chantier, mettant en évidence le terrassement par plots, les pieux ainsi que la paroi périphérique.

rique. Pour répondre aux contraintes de sécurité liées à l'environnement urbain et au passage du tunnel du Val quelques mètres à peine sous le projet, des tarières forent, tous les 1,20 m, des trous d'une quinzaine de mètres de profondeur, dans lesquels est coulé du béton armé, le plus souvent retenu par des tirants assurant la stabilité provisoire. Au total, ce sont 350 pieux de 60 cm de

diamètre qui sont ainsi réalisés. Et, vu la nature du sous-sol et la localisation du chantier, en pleine ville, entouré de bâtiments dont certains sont situés un peu en hauteur et ne doivent pas risquer de "tomber" dans les fondations du Nec, le soutènement par pieux disjoints sera lui-même renforcé par une contre-paroi de 5 à 8 m de profondeur et de 50 cm d'épaisseur.

Du travail de précision

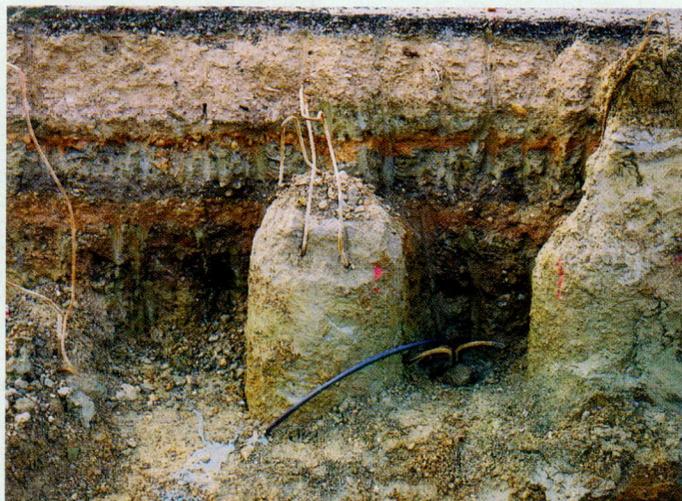
Arrivée en scène des pelleuses et autres engins de terrassement qui, dans certaines zones, doivent montrer patte blanche : à l'endroit le plus proche, seuls 4 m séparent le tunnel du Val des fondations du Nec... "Un volume de protection du tunnel, interdisant la circulation des engins à cet endroit, a dû être maté-

Poussée d'Archimède

Tout corps plongé dans un liquide subit une poussée verticale dirigée vers le haut et égale au poids du volume de liquide déplacé.

Eureka ! Telle fut l'exclamation d'Archimède (-265 à -215) lorsqu'il sentit qu'il était porté par l'eau de son bain. Mais avait-il conscience des multiples implications que trouverait le principe qu'il venait d'énoncer ? En effet, si aujourd'hui on comprend aisément le phénomène qu'Archimède observa dans sa baignoire il y a plus de 2000 ans, il nous est difficile d'imaginer que la poussée engendrée par la nappe phréatique située sous le Nec puisse faire remonter cette énorme masse de béton. Pourtant, ni les 6 000 m² d'emprise au sol, ni le béton 2,5 fois plus dense que l'eau, ne peuvent placer ce bâtiment au-dessus des lois de la physique. La poussée d'Archimède, puisque c'est bien d'elle qu'il s'agit, impose donc au navire rennais de la culture un ancrage solide dans le sol pour que l'envie de larguer les amarres ne lui prenne pas soudainement ! ■

L.M.B.



Gros plan sur la tête d'un des pieux de soutènement.

flotte ?



Coffrage servant à couler le béton de la paroi périphérique.

rialisé”, précise Jean-François Mari. “C’était vraiment une étape délicate qui s’est jouée parfois à quelques mètres !”, renchérit Benoît Juret, architecte du cabinet de Portzamparc. Rennes Métropole a d’ailleurs mis en place un suivi de la déformation du tunnel, grâce à l’incrustation de témoins dont les relevés géométriques sont de l’ordre du millimètre.

Poussée de la terre contre poussée de l’eau

Autre détail, et pas des moindres, le terrassement a été réalisé par plots (voir photo), toujours du fait de la présence du tunnel mais plus précisément du fait de sa situation dans l’eau ! “En effet, en enlevant trop de terre d’un coup, nous risquions de

décharger le tunnel et de provoquer alors sa remontée, à cause de la poussée de l’eau !”, explique Jean-François Mari. Et oui, aussi incroyable que cela puisse paraître, la poussée d’Archimède est aussi de la partie ! 1,50 m des sous-sols du Nec sont immergés en temps normal dans la nappe phréatique qui peut remonter jusqu’à 5 m à son niveau le plus haut. “Quand nous avons commencé à creuser, explique Jean-François Mari, l’eau s’engouffrait avec un débit pouvant atteindre 100 m³/h ! Ce qui est loin d’être négligeable. Il a donc fallu pomper pendant toute la durée du terrassement.” Le pompage a été arrêté le 31 décembre 2001, non pas parce que c’était la fin de l’année, mais parce que les calculs montraient que le poids du bâtiment, en

Sous les pavés la plage



Pieux coulés dans les schistes du sous-sol.

Le sous-sol du futur Nec a bien sûr été largement analysé avant le commencement des travaux. Il est principalement composé de schistes et de grès plus ou moins altérés et donc plus ou moins perméables. Dans les zones les plus fracturées, l’eau arrive à haut débit, alors que les zones de roches franches sont plus imperméables. Des plages de galets de rivière ainsi que du limon ont été retrouvés pendant le terrassement, laissant imaginer ce que pouvait être le paysage bien avant le Nec !

Par ailleurs, c’est l’étude géotechnique du sol (forages jusqu’à 20 m de profondeur, essais pressiométriques), confiée au cabinet Fondasol, complétée par plusieurs sondages initiés par GTB pour garantir toutes les conditions de sécurité et de qualité, qui a permis de définir la nature de la paroi périphérique de soutènement. ■

N.B.



cours de construction, était suffisant pour résister à la poussée de l’eau. C’est pourquoi nous pouvons dire que le Nec est actuellement assez lourd pour ne pas “flotter” ! De complexes études ont d’ailleurs été nécessaires pour contrer cette poussée d’Archimède. En effet, le Nec est un bâtiment constitué de trois entités bien distinctes, dont le poids n’est pas réparti de façon uniforme sur toute la surface. Cette disparité dans la descente de charge a donc conduit les ingénieurs à affiner les modes constructifs. La bibliothèque et l’Espace des sciences représentent tous deux des poids très importants : un radier de 70 cm suffit à compenser la sous-pression de l’eau ; dans le reste du hall, 1,50 m sont nécessaires ; enfin,

la salle de conférences s’enfonçant à plus de 8 m de profondeur, le radier, lesté par des gradins pleins, fait dans cette zone jusqu’à 4 m d’épaisseur ; il est en plus retenu par des micropieux, qui, comme des épingles, retiennent le bâtiment et évitent que celui-ci ne se soulève. Toutes ces dispositions ont été examinées dans le détail et validées. “L’ouvrage relève plus du génie civil que du bâtiment ! mais c’est la diversité des techniques qui est passionnante dans ce métier”, souligne Jean-François Mari. Toute la partie sur les infrastructures, c’est-à-dire sous terre, aura duré près de 9 mois. ■

N.B.

Le musée

Gros plan sur les panneaux du musée.

Une œuvre extérieure pour des œuvres intérieures

Le corps du bâtiment est un parallépipède rectangle dans lequel se déploiera la collection du Musée de Bretagne. En harmonie avec les côtes de la région, l'architecte a opté pour une façade imitation granit rose. Chronique de cette quête de ressemblance...

→ Certes, le granit rose est magnifique et évoque la Bretagne. Mais comment trouver des carrières pouvant sortir des panneaux capables de coffrer des parois de 120 mètres de long, 50 de large et 8 mètres de hauteur ? Impossible, le volume serait trop important, le prix exorbitant et le poids à supporter considérable. Cette hypothèse rapidement écartée, il fallait trouver

une solution de remplacement, mais tout aussi fidèle.

L'architecte s'est donc mis à l'ouvrage : photos, empreintes, analyses d'échantillons pour définir les caractéristiques de la roche à imiter. Le béton est le matériau choisi car, en tant que mélange de ciment, de sable et de graviers plus ou moins fins, il accepte bon nombre d'adjuvants pouvant lui donner différentes

caractéristiques (voir encadré). Les experts de la direction technique de GTB et son sous-traitant en charge de la prestation ont alors pris le relais pour mettre au point la formulation de ce béton spécifique. Ils ont utilisé des minéraux issus de carrières bretonnes pour se rapprocher au plus près de l'aspect de la roche.

Un sculpteur pâtissier

Restaient les failles et le relief !
Tel un pâtissier, un sculpteur a

conçu deux moules spécifiques de 4,5 mètres de côté, avec des reliefs et des creux de 4 centimètres de profondeur. En variant position et orientation des moules, il a ainsi créé plus d'une centaine de panneaux différents. Il ne restait qu'à choisir la place de chaque panneau pour que les failles se succèdent harmonieusement.

Voici comment est née la plus longue falaise de granit rose bretonne ! ■ C.C.

Des poutres béton

Pour supporter le poids du musée avec notamment les panneaux façon granit "en lévitation" sur un réseau de poteaux tripodiques espacés de plus de 17 m, des poutres de grande portée s'imposent. Or, le temps de celles en chêne est aujourd'hui révolu. Le béton remporte le palmarès du matériau compte tenu de sa résistance et de son faible coût. Ciment, sable ou gravier et eau sont en effet des matières premières faciles à obtenir.

Le **ciment** joue le rôle d'un liant, il durcit au contact de l'eau et après durcissement, il conserve sa résistance et sa stabilité même sous l'eau. Réactions chimiques obligent. Un mélange de calcaire et d'argile ($\text{CaCO}_3 - \text{SiO}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3$) est broyé et cuit à haute température transformant cette matière première en clinker puis en ciment après broyage. Ce nouveau mélange de silicate, aluminat et ferrite calcique ($3\text{CaO}, \text{SiO}_2 - 2\text{CaO}, \text{SiO}_2 - 3\text{CaO}, \text{Al}_2\text{O}_3 - 4\text{CaO}, \text{Al}_2\text{O}_3, \text{Fe}_2\text{O}_3$) s'hydrate de façon irréversible.

L'eau dite de gâchage est ainsi nécessaire à la prise du ciment, elle facilite en outre la mise en œuvre du béton.

Les **granulats** sont essentiellement des grains minéraux de type sable, gravillons, cailloux ou graves, suivant leur dimension comprise entre 0 et 80 mm.

Des **adjuvants** sont de plus en plus utilisés. Ils modifient en les améliorant les propriétés du béton auquel ils sont ajoutés (en faible proportion : inférieur à 5 % du poids du ciment). Maniabilité du béton, accélération ou retard de prise, entraînement d'air pour le béton exposé au gel, étanchéité, couleur... à chaque propriété son adjuvant.

Le béton peut aussi s'armer d'**acier** pour réaliser des ouvrages de haute résistance comme ces mégapoutres. 280 kg d'acier par m^3 sont nécessaires ici alors que 50 à 80 kg par m^3 suffisent généralement pour des poutres traditionnelles en béton armé. ■ C.C.



La bibliothèque

17° d'inclinaison
pour les murs
de la
bibliothèque.

Pencher et tenir: Le défi des constructeurs

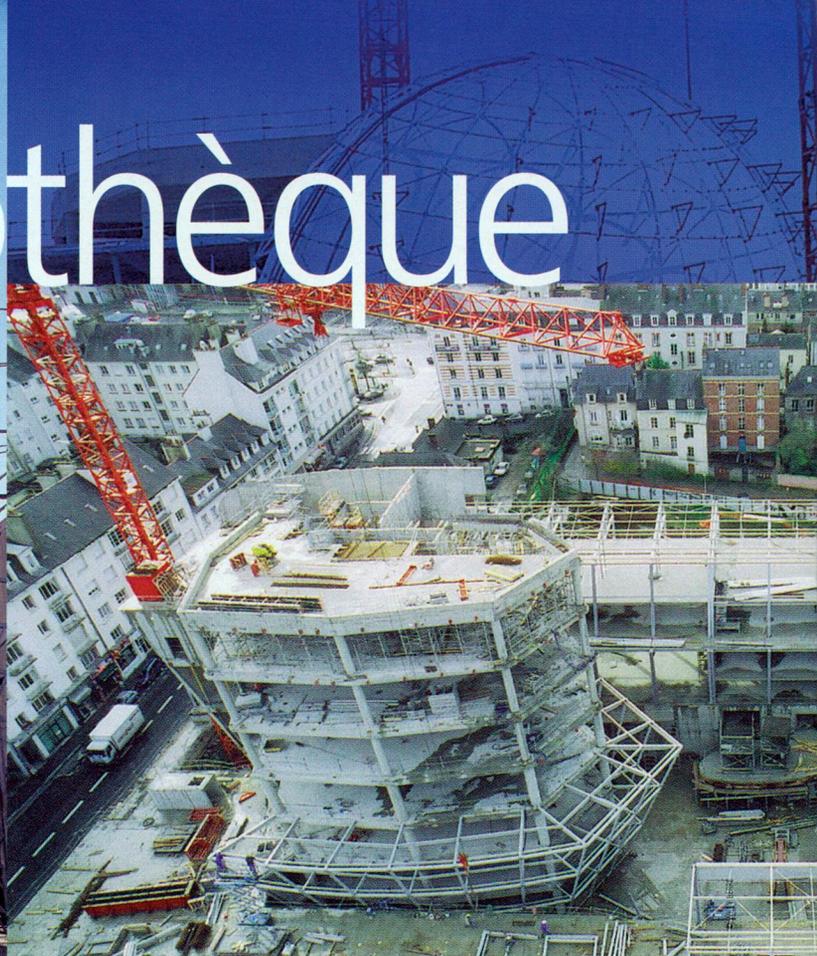
Cinq plans inclinés à 17°, cinq axes obliques les uns par rapport aux autres : la pyramide inversée de la bibliothèque s'élève vers le ciel suivant des lignes originales. Difficile de trouver l'équilibre du bâtiment. Pourtant ni l'architecte ni l'entreprise ne se sont trompés. Alliant verre, aluminium et béton, ce bâtiment a fait l'objet d'études pour simuler d'éventuelles déformations, optimiser les matériaux et prendre les bonnes options techniques. Des choix délicats.

→ Pas simple de travailler au fil à plomb ! Tous les murs sont inclinés selon des axes qui ne sont pas parallèles. L'original volume de la bibliothèque est une pyramide égyptienne qui a subi quelques modifications : une face supplémentaire, une torsion comme pour la dévisser du sol, une inclinaison suivant son axe vertical de 17° et enfin, un renversement pour incruster ce nouveau volume dans le bâtiment central du Musée de Bretagne. On parle ainsi de pyramide "inversée à 5 faces, vrillée et inclinée". Les techniques classiques de construction sont inapplicables, les plans doivent être réalisés en trois dimensions pour suivre notamment l'inclinaison des piliers de la pyramide. À chaque étage, cinq principaux "points d'implantation géomètre sont établis dans les trois directions de l'espace", nous explique sur le chantier Philippe Gesret, responsable de la charpente métallique. En les

reliant, les géomètres dessinent le périmètre du plancher de l'étage et l'axe des piliers. Exercices délicats de géométrie grandeur nature !

Un plancher collaborant... à la tenue du bâtiment

De puissants logiciels étudient aussi les déformations. Comment les différents matériaux jouent-ils les uns sur les autres avec ces inclinaisons ? Avec quels risques pour le bâtiment ? Nous pouvons deviner l'ampleur des tensions et la complexité de la modélisation. Tout est pris en compte pour prendre les bonnes options de construction et anticiper les déformations. Le poids des livres de la bibliothèque, les parois vitrées, la déformation des matériaux, la vrille de la pyramide... Ainsi les planchers sont choisis "collaborants à noyau béton" (voir photo ci-dessus). Ce qui signifie que le pentagone, surface à cinq côtés,



Les planchers collaborants de la bibliothèque. On aperçoit, au premier niveau, le bac d'acier sur lequel le béton sera coulé (voir photo ci-dessous).

dessiné par le premier niveau et formant le "noyau" de chaque plancher, est construit en béton, armé bien sûr, compte tenu de la taille et du poids à supporter. Reste entre le noyau et les parois de la pyramide une surface qui est d'autant plus grande que l'on monte dans les étages de la pyramide inversée. Cette partie est un bac d'acier sur lequel du béton est coulé. Cette structure mixte s'appelle un "plancher collaborant" car il collabore à la résistance du bâtiment.

Ne cochez plus les croix

"Le savoir à la portée de tous" avec les livres vus en transparence, telle est l'idée de l'architecte quand il choisit de vitrer trois surfaces sur cinq. Reste le problème de la taille et de la forme des vitres pour les quelque 2000 m² prévus. Architecte et entreprise ont cherché le compromis entre de grands modules de vitrage pour la transparence et de

moins grands mieux adaptés aux contraintes de maintenance. La solution est trouvée dans le cadre d'une Atex (Appréciation technique d'expérimentation), une procédure qui valide, avec un comité d'experts, les techniques nouvelles ne relevant pas d'un procédé traditionnel de construction. En ce qui concerne la façade vitrée, le Centre scientifique et technique de bâtiment a critiqué la conception d'origine : les vitrages en verre extérieur collé, appliqués devant les contreventements de charpente en croix de St-André sont estimés trop lourds (800 kg) compte tenu des contraintes admissibles dans les mastics de collage. L'entreprise GTB propose de transférer les contreventements dans les planchers et de mettre en œuvre des modules plus légers (230 kg) pour une transparence accrue et une maintenance améliorée. Ces dispositions, correspondant à ses souhaits, sont acceptées par l'architecte.

Ainsi pour édifier un tel ouvrage, les compétences se complètent : chimistes et spécialistes de matériaux, vitriers et cimentiers, géomètres et informaticiens, ingénieurs et chefs de chantier, tous participent à mettre en œuvre la créativité de l'architecte. ■ c.c.

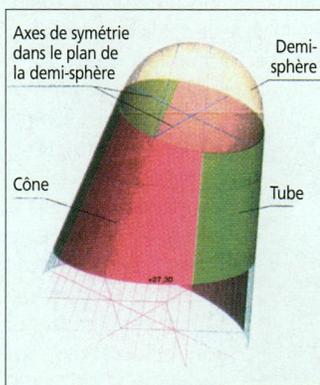


Gonflé, le dôme de l'Espace des sciences



L' Espace des sciences se retrouve dans une structure géométrique originale : un "cône" surmonté d'un dôme dans lequel sera installé le planétarium. Planchers en lévitation, béton projeté, montgolfière, des techniques spectaculaires et innovantes.

→ Commençons tout d'abord par une révélation et un peu de géométrie : le corps du bâtiment constituant l'Espace des sciences n'est pas un vrai cône... Il s'agit en fait de l'association de deux troncs de cylindres et de deux troncs de cônes inclinés, dont les axes géométriques ne se rejoignent jamais ! Le schéma ci-dessous vous aidera peut-être à vous y retrouver.



Conséquences : les murs sont arrondis et déversés et leur inclinaison peut aller de -2 à +20°, sur une hauteur de 30 mètres. Résultat, le diamètre bas du cône fait 26 mètres et n'en fait plus que 20 en haut et le planétarium n'est pas une demi-sphère tout à fait parfaite... De quoi donner le tournis aux ingénieurs et techniciens du chantier !

Des planchers en lévitation

Conséquences pendant la construction, aucun coffrage traditionnel n'a pu être mis au point pour la réalisation des murs : des voiles inclinées coniques. Contrairement à ce qui se fait habituellement, ce sont les planchers qui ont commencé par être positionnés - le premier à 7,50 m de haut ! -, dressés sur des tours d'étaie donnant l'impression d'être en lévitation (photo ci-contre).

C'est le positionnement des armatures métalliques reliant ces planchers qui, dans un deuxième temps, a petit à petit donné corps à l'arrondi et à l'inclinaison des murs. Ces armatures ont alors été recouvertes d'un maillage métallique servant de support pour la projection de béton.

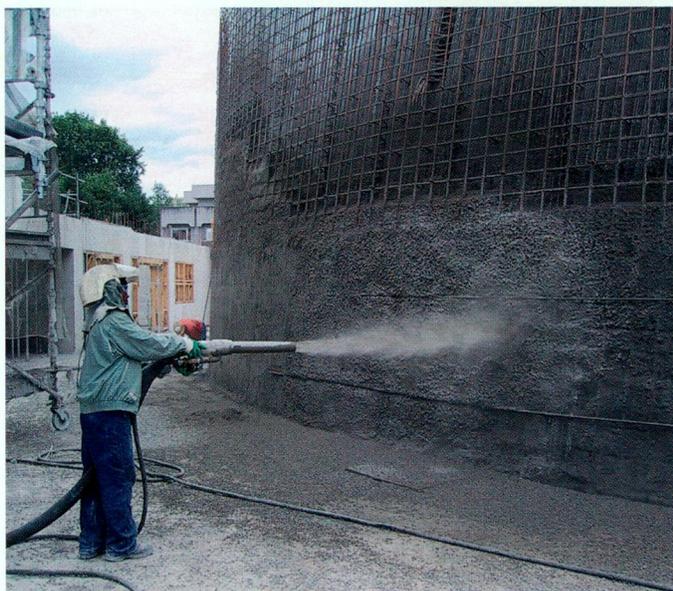
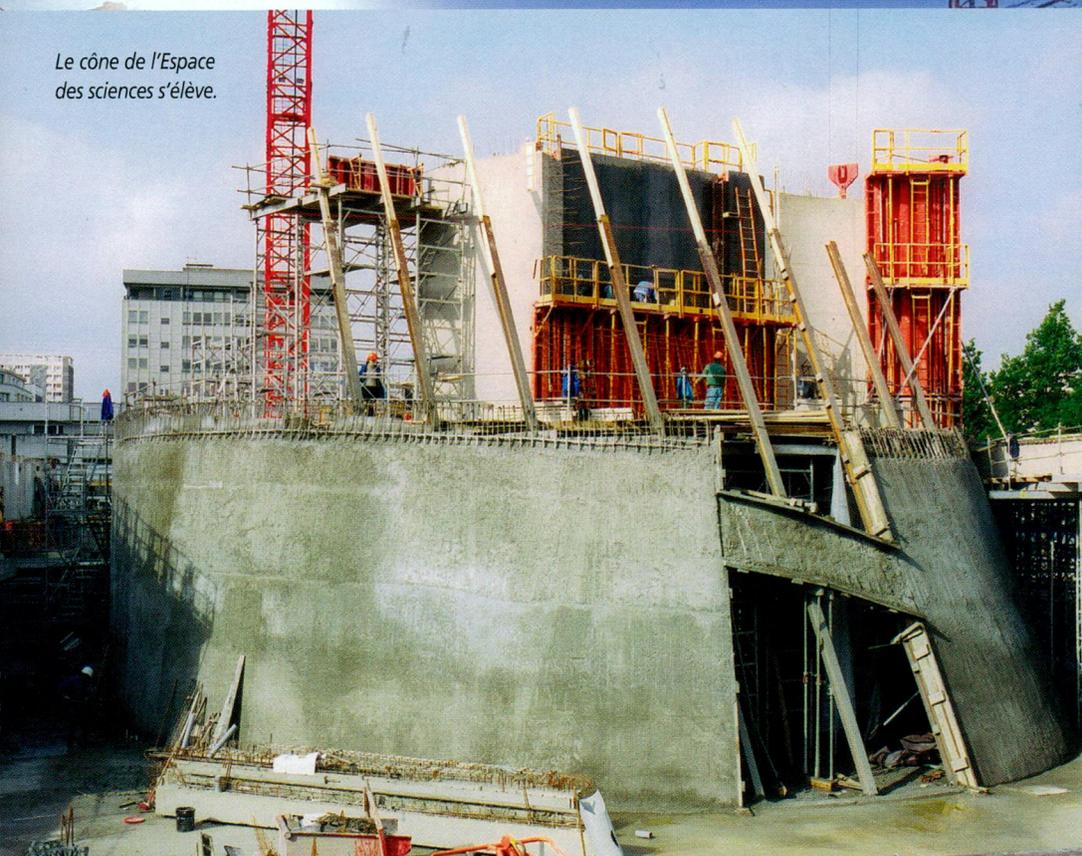
Du béton projeté

Les parois courbes et inclinées du cône de l'Espace des sciences ont

également eu pour conséquence l'utilisation d'une autre technique peu utilisée dans le bâtiment : la projection du béton à l'aide de lances à incendies. La projection a été effectuée par voie sèche, c'est-à-dire avec deux buses ; la première réservée au ciment et aux agrégats secs, la seconde à l'eau. L'addition d'eau juste avant la projection rend en effet le béton plus adhérent, ce qui était indispensable pour éviter qu'il ne coule trop - vu l'inclinaison



Le cône de l'Espace des sciences s'élève.



des murs ! -, et permet un séchage plus rapide que dans le cas où le tout est mélangé directement (voie humide). La même technique a été appliquée à l'intérieur du cône et l'ensemble a été peaufiné par un lissage de la surface, donnant un mur de 30 centimètres d'épaisseur.

Enfin, la dernière étape, l'une des plus techniques mais l'une des plus magiques, aussi, fut la fermeture du dôme, (presque) hémisphérique, qui abritera le planétarium. La coupole et sa base, futur plancher du planétarium, sont inclinées de 10° et cette particularité a rendu, une fois de plus, la construction délicate.

Un dôme gonflé

Tout a commencé avec la mise en place d'un casque métallique hissé en deux temps, à l'aide d'une des deux grues, au sommet du cône. Ce premier élément, certes encore ajouré, que les Rennais ont pu admirer pendant plusieurs jours, donnait déjà un bon aperçu de ce qu'allait être la silhouette finale de l'ensemble du Nec. Mais le clou du spectacle fut le gonflage de ce qui a

souvent été appelé la montgolfière. Il s'agissait en fait d'une membrane plastique de 1,5 millimètre d'épaisseur, ceinturée autour du cône, au niveau du plancher du planétarium, puis gonflée à l'aide de souffleurs disposés au rez-de-chaussée. Elle allait servir de guide de forme pour le positionnement de l'ensemble des autres matériaux. Cette technique est en fait couramment utilisée - pour la fabrication de... silos à grains notamment ! -, c'est-à-dire sur des diamètres plus petits et sans inclinaison et avec des tolérances dimensionnelles moins strictes. Le dôme de l'Espace des sciences a constitué un véritable défi technique, selon Jean-François Mari, le directeur du chantier.

Les souffleurs sont restés en marche sept semaines, après stabilisation de la membrane de la température et de l'hygrométrie. Une mousse en polyuréthane étanche de 5 cm a été projetée par l'intérieur et a durci en épousant la forme de la membrane. Du béton a ensuite été projeté. Plus tard, c'est à cet endroit que viendra se positionner l'écran de projection du planétarium. Côté externe, une membrane plastique répondant aux critères d'étanchéité a été ajoutée par-dessus la première membrane et le casque métallique a constitué le support du voligeage bois sur lequel seront posées les 20 000 écailles de zinc, terminant d'habiller l'ensemble du cône de l'Espace des sciences. ■ C.H. - N.B.

Quelques chiffres

- Emprise au sol : 6 000 m²
- Surface hors œuvre : 23 854 m²
- Hauteur : 7 niveaux sur 35 m
- Béton : 17 000 m³
- Acier : 500 tonnes
- Charpente : 1 000 tonnes
- Écailles en zinc : 5 000 m², soit 20 000 écailles
- Verrières et parois vitrées : 5 000 m²
- Sur le chantier : 200 à 300 personnes

Agenda

- 1993 : l'architecte Christian de Portzamparc remporte le concours lancé par la Ville de Rennes pour la construction du Nec.
- Nov. 2000 : début du chantier.
- Déc. 2000 : commencement des infrastructures.
- Printemps 2002 : pose des panneaux façon granit du musée.
- Mai 2002 : gonflage du dôme de l'Espace des sciences.
- Sept. 2002 : bardage et vitrage de la bibliothèque.
- 2004 : livraison du bâtiment.

Sites Internet

Sur Archimède

→ <http://chronomath.irem.univmrs.fr/chronomath/Archimede.html>

→ <http://www.pourlascience.com/numeros/pls-284/physique.htm>

Sur le béton

→ <http://www.cimbeton.asso.fr>
Centre d'information sur le ciment et ses applications, Cimbéton est un organisme centralisant et diffusant l'information technique sur les ciments et les bétons, innovations, performances... Il coordonne notamment les études, échanges et partenariat entre les architectes, promoteurs, ingénieurs et maîtres d'œuvre.

Sur le granit

→ <http://www.granitbreton.org>
Nouveauté dans le monde des granitiers, ce site a été créé par le syndicat professionnel Unicem Bretagne (Union des industries de carrières et matériaux de construction). Annuaire des entreprises, fiches descriptives des différents granits, produits et emplois...

Prochain dossier : La barque ailée de Jean-Marie Le Bris

Abonnez-vous et recevez chaque mois Sciences Ouest + Découvrir

Tarif normal
2 ANS 54 € (au lieu de 66€*)
soit 4 numéros gratuits

1 AN 30 € (au lieu de 33€*)
soit 1 numéro gratuit

Tarif étudiant (joindre un justificatif)
2 ANS 27 € (au lieu de 66€*)
soit 13 numéros gratuits

1 AN 15 € (au lieu de 33€*)
soit 6 numéros gratuits

Tarif étranger ou abonnement de soutien
2 ANS 76 € 1 AN 50 €

*prix de vente au numéro.



Je souhaite un abonnement de

1 AN (11 N^{os} Sciences Ouest + 11 N^{os} Découvrir)

2 ANS (22 N^{os} Sciences Ouest + 22 N^{os} Découvrir)

Tarif normal Tarif étudiant (joindre un justificatif)

Tarif étranger ou abonnement de soutien

Nom _____

Prénom _____

Organisme/Société _____

Secteur d'activité _____

Adresse _____

Code postal _____

Ville _____

Tél. _____

Fax _____

Je désire recevoir une facture

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

681 OS



Effacité énergétique : performance énergétique des bâtiments

Développement européen

Cette réglementation a pour but d'établir un cadre commun pour la promotion de l'amélioration de la performance énergétique des bâtiments : proposition de directive du 11 mai 2001, sur la performance énergétique des bâtiments (COM(2001)226).

Contexte

La proposition s'inscrit dans le cadre des initiatives de la Communauté relatives au changement climatique (obligations relevant du protocole de Kyoto) et à la sécurité d'approvisionnement (le Livre vert sur la sécurité d'approvisionnement). La Communauté ne peut guère infléchir l'approvisionnement en énergie mais elle peut en influencer la demande, notamment à travers l'amélioration de l'efficacité énergétique au niveau des bâtiments ; la consommation d'énergie pour les services associés aux bâtiments constituant en effet à peu près 1/3 de la consommation énergétique de l'UE.

La directive relative à la certification énergétique des bâtiments (directive 93/76/CEE) a été adoptée dans un contexte politique différent, avant la conclusion de l'accord de Kyoto et les incertitudes soulevées récemment par rapport à la sécurité d'approvisionnement énergétique de l'Union. La présente proposition fait donc suite aux mesures concernant les chaudières (92/42/CEE), les produits de construction (89/106/CEE) et les dispositions du programme Save relatives aux bâtiments. Elle constitue un instrument complémentaire qui aborde le sujet dans le contexte de nouveaux défis et propose des actions plus concrètes afin de combler les lacunes.

Champ d'application

La proposition concerne le secteur résidentiel et le secteur tertiaire (bureaux, bâtiments publics). Néanmoins, certains bâtiments sont exclus du champ d'application des dispositions relatives à la certification, comme les bâtiments historiques et les sites industriels. Elle vise tous les aspects de l'efficacité énergétique des bâtiments en vue d'établir une approche réellement intégrée, mais ne prévoit pas de mesures relatives aux équipements non fixes tels que les appareils ménagers (des mesures relatives à l'étiquetage et au rendement minimal obligatoire ont déjà été mises en œuvre).

Éléments principaux du cadre général

La proposition du cadre général repose sur les quatre principaux éléments suivants : • Une méthodologie commune de calcul de la performance énergétique intégrée des bâtiments • Des normes minimales relatives à la performance énergétique des bâtiments neufs et des bâtiments existants lorsqu'ils font l'objet de travaux de rénovations importants • Des systèmes de certification pour les bâtiments neufs et existants et, dans les bâtiments publics, l'affichage de certificats et d'autres informations pertinentes (les certifications devront dater de moins de 5 ans) • Un contrôle régulier des chaudières et des systèmes centraux de climatisation dans les bâtiments ainsi que l'évaluation des installations de chauffage lorsqu'elles comportent des chaudières de plus de 15 ans.

La méthodologie commune de calcul devrait intégrer tous les éléments déterminant l'efficacité énergétique, et plus seulement la qualité de l'isolation du bâtiment. Cette approche intégrée devrait prendre en compte les éléments tels que les installations de chauffage et de refroidissement, les installations d'éclairage, l'emplacement et l'orientation du bâtiment, la récupération de la chaleur...

Les normes minimales pour les bâtiments sont calculées sur la base de la méthodologie décrite ci-dessus. Les États membres sont tenus de fixer les normes minimales.

Les certificats doivent être fournis lors de la construction, de la vente ou de la location d'un bâtiment. La location est particulièrement visée afin que le propriétaire, qui ne paie pas les frais relatifs à la consommation énergétique, prenne les mesures nécessaires.

Mise en œuvre

Les États membres sont responsables de l'élaboration des normes minimales. Ils sont aussi tenus d'assurer que la certification et le contrôle des bâtiments sont réalisés par du personnel qualifié et indépendant.

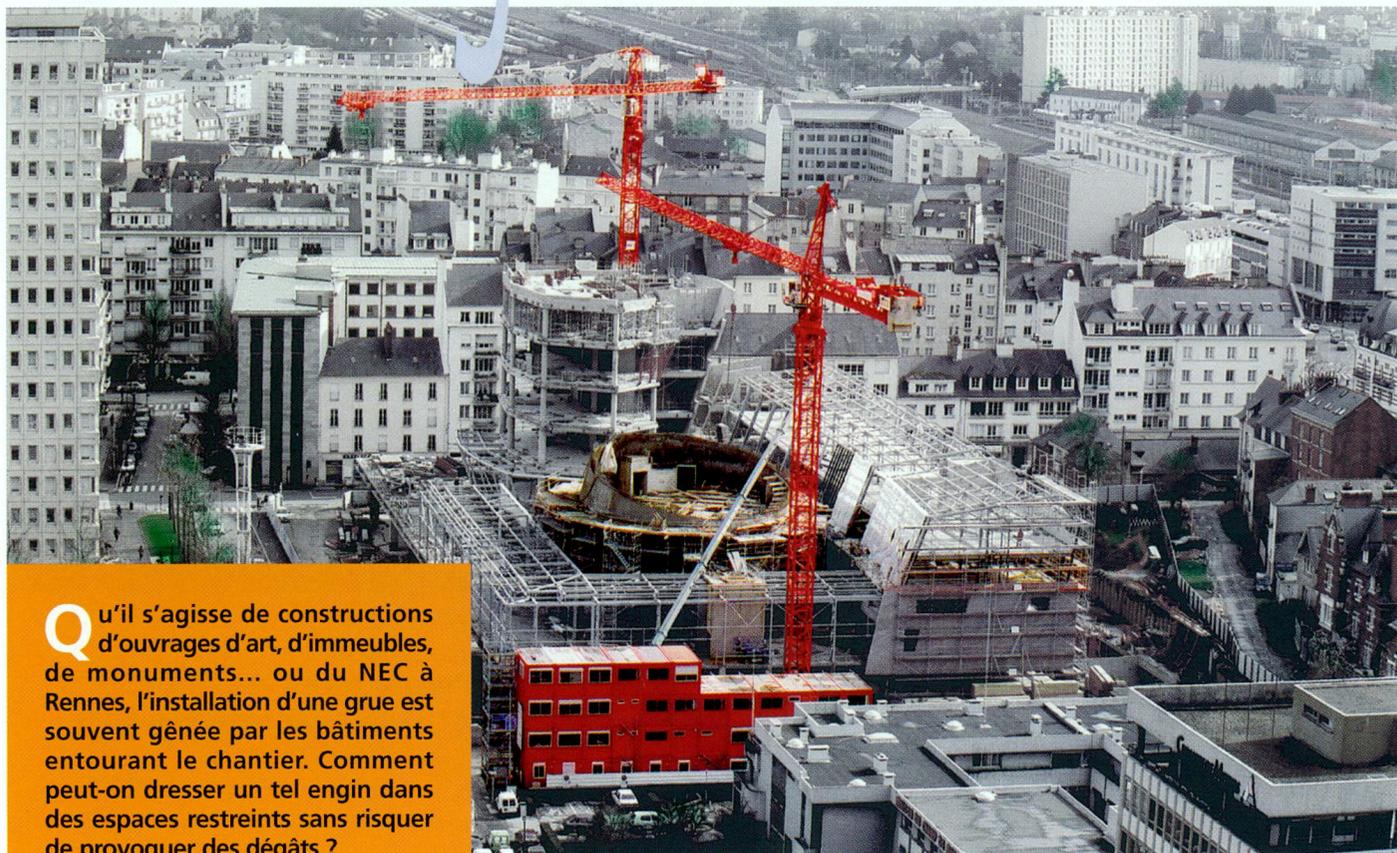
La commission, assistée d'un comité, est responsable de l'adaptation au progrès technique de l'annexe. L'annexe contient les éléments à prendre en considération dans le calcul de la performance énergétique des bâtiments et les exigences relatives au contrôle des chaudières et des systèmes de climatisation centraux.

La proposition suit actuellement la procédure de codécision.

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



Installer une grue dans un espace restreint



Qu'il s'agisse de constructions d'ouvrages d'art, d'immeubles, de monuments... ou du NEC à Rennes, l'installation d'une grue est souvent gênée par les bâtiments entourant le chantier. Comment peut-on dresser un tel engin dans des espaces restreints sans risquer de provoquer des dégâts ?

Le Nec, un chantier en pleine ville...

→ Une grue est constituée d'un fût (partie verticale de la grue) dont la hauteur peut atteindre 30 m, d'une flèche et d'une contre-flèche (parties horizontales). Le fût est solidement ancré sur un socle de béton d'environ 36 m³, dont l'emplacement est choisi de manière à ne pas gêner la construction elle-même et à permettre à la grue de pouvoir desservir l'ensemble du chantier. Il existe trois types d'ancrages : le fût peut être scellé directement dans le socle de béton, ou fixé sur ce socle à l'aide de boulons, ou encore se déplacer sur un rail. La flèche, qui peut mesurer entre 25 et 50 m, est la partie le long de laquelle se déplacent le chariot et le palan pouvant soulever jusqu'à 4 tonnes de charges ; la contre-flèche supporte le contrepoids, qui, lui, peut peser jusqu'à 30 tonnes !

Le cas le plus simple est celui où l'on dispose de suffisamment de place (terrain libre de toute construction, rue pas trop éloignée du chantier...) pour pouvoir monter et assembler la flèche et la contre-

flèche. Le fût télescopique est arimé au socle en position "repliée" et, à l'aide d'un camion grue, on place l'ensemble flèche et contre-flèche que l'on fixe sur le fût télescopique. Celui-ci est alors "développé" et l'ensemble s'élève à la hauteur souhaitée. Dans certains cas particuliers, le fût de la grue est fixé sur l'édifice en construction. Les points de fixation se multiplient au fur et à mesure de l'avancement des travaux et du développement du fût.

Lorsque l'environnement ne permet pas de monter la flèche et la contre-flèche au sol, l'ensemble est construit morceau par morceau (en alternant les éléments de la flèche et de la contre-flèche), au sommet du fût, à l'aide du camion grue.

Enfin, dans les cas extrêmes, l'ensemble flèche et contre-flèche est amené à la hauteur et la position souhaitées à l'aide d'un hélicoptère

et l'on procède à un arrimage "au sommet" avec le fût. Compte tenu du coût d'une telle procédure, elle n'est utilisée que si l'on ne peut vraiment pas faire autrement ! Dans tous les cas, les deux problèmes majeurs sont la place et l'accès.

Comme vous pouvez le voir sur la photo, les grues du chantier du Nec ont été montées dans un milieu urbain très dense, mais un des cas les plus acrobatiques qu'il m'ait été donné de voir récemment, est celui des grues immenses installées à l'intérieur de la cathédrale de la Sainte-Famille à Barcelone, exemple où l'on mesure particulièrement les prouesses acrobatiques que nécessitent ces "assemblages mécano" ! ■



Contre-plongée dans le fût de la grue.

→ Article réalisé en collaboration avec Jean-Pierre Michaut, directeur du Centre de vulgarisation de la connaissance, université Paris-Sud, 91405 Orsay.

Formations

Ensieta



● Géomatique marine

Accrédité par la conférence des grandes écoles, ce nouveau mastère, conçu avec le Service hydrographique et océanographique de la marine (Shom) et l'Ifremer, valide une année de spécialisation dans ce domaine avancé des sciences de la mer. Il débutera à la rentrée 2002.

→Rens. : Michel Rondy, tél. 02 98 34 87 92, michel.rondy@ensieta.fr

Formation médicale continue

● Traitement de l'information médicale et hospitalière



Proposé par le département de santé publique, ce

DESS a pour objectif de former des spécialistes capables de prendre en charge des projets d'informations dans le secteur de la santé. Programme 2002-2003.

→Rens. : Département de formation médicale continue, Sylvette Guidal, tél. 02 23 23 44 10, www.dfmc.univ-rennes1.fr

Ifria



Du CAP au diplôme d'ingénieur, l'Ifria Bretagne offre une palette de formations dans le domaine de l'industrie agroalimentaire.

→Rens. : Ifria Bretagne, tél. 02 98 64 55 51, ifria.bretagne@online.fr

ENST Bretagne

● Sécurité des systèmes



d'information Coaccrédité par Supélec Rennes,

l'objectif de ce nouveau mastère est de former aux métiers de responsable sécurité, de concepteur d'applications/évaluateur ou d'expert. La première rentrée aura lieu en septembre 2002.

→Rens. : Sylvain Gombault, tél. 02 99 12 70 37, sylvain.gombault@enst-bretagne.fr

● Informatique appliquée à la décision bancaire et actuarielle

La première rentrée de ce mastère, conduit en partenariat avec l'Euria (Euro institut d'actuariat) de l'UBO, aura lieu en septembre 2002.

→Rens. : Philippe Lenca, tél. 02 29 00 11 75, philippe.lenca@enst-bretagne.fr

Faculté de droit et de sciences politiques - Université de Rennes 1



● Biotechnologies, droit et société

Ce diplôme de 3^e cycle s'adresse aux scientifiques désirant se familiariser avec les questions éthiques, juridiques et sociales, ou aux juristes souhaitant acquérir une meilleure compréhension de la spécificité du secteur des biotechnologies. La première rentrée aura lieu en septembre 2002.

→Rens. : Marie-Pierre Le Nezet, tél. 02 23 23 39 50, marie-pierre.lenezet@univ-rennes1.fr



Adria

● 18 et 19 juin, Quimper. Restructuration - texturation.

● 18 et 19 juin, Paris. Analyse et contrôle des arômes et parfums.

● Du 25 au 27 juin, Rennes. Conduite de l'audit qualité : l'auditeur en situation.

→Rens. : Tél. 02 98 10 18 50, sebastien.lecouriaut@adria.tm.fr



Isipaia

● 18, 19 et 20 juin.

Validation des méthodes d'analyse pour l'accréditation.

→Rens. : Tél. 02 96 78 61 30, ispaia@zoopole.asso.fr



Archimex

● 26, 27 et 28 juin, Vannes. Comment trouver de nouveaux actifs naturels ? Les méthodes de recherche et de sélection.

→Rens. : Tél. 02 97 47 97 35.



Supélec

● Du 17 au 21 juin, Rennes. Systèmes temps réel pour applications industrielles.

● Du 18 au 20 juin, Rennes. L'accès à l'Internet - Protocoles, services et applications.

→Rens. : Tél. 02 99 84 45 00.

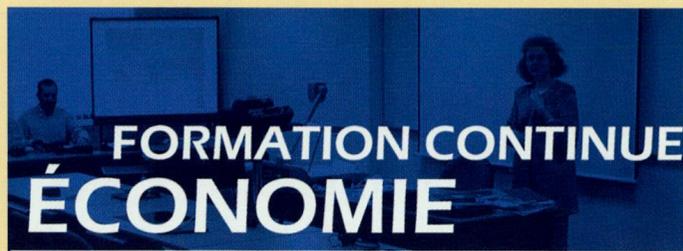
CNRS



● Du 25 au 27 juin, Bordeaux. Initiation à la microscopie électronique en biologie.

● Du 24 au 28 Juin, Orsay (91). Perfectionnement en biologie moléculaire : analyse moléculaire de l'expression d'un gène.

→Rens. : Tél. 01 69 82 44 55.



FORMATION CONTINUE ÉCONOMIE

Le Service Formation Continue de l'université de Rennes 1 vous présente ses formations diplômantes en économie :



UNIVERSITE DE RENNES 1

DESS MASTAIRE évaluation et analyse financière pour les collectivités territoriales

DESS Finance d'entreprise en ligne

DESS économie et gestion des établissements sanitaires et sociaux

DESS logistique

DESS ingénierie économique

Licence et Maîtrise administration économique et sociale, mention "développement local"

INFORMATIONS / CONTACT :

Service Formation Continue
4, rue Kléber - 35000 RENNES
tél. : 02 23 23 39 50 - <http://sfc.univ-rennes1.fr>

Stages



● Les zones humides de fond de vallée

Organisé par l'Institut régional du patrimoine (Irpa), en collaboration avec le Centre régional d'initiative à la rivière de Belle-Isle-en-Terre (22), ce stage poursuit différents objectifs : présenter les caractéristiques physiques et écologiques permettant d'identifier les différents types de zones humides, rappeler leur rôle dans les écosystèmes aquatiques et les enjeux de conservation de ces milieux. Du 3 au 6 septembre à Belle-Isle-en-Terre.

→Rens. : Irpa, tél. 02 99 79 39 31, irpa@wanadoo.fr

● Écologie marine et gestion de l'environnement

Le muséum d'histoire naturelle - station biologique de Concarneau - propose des stages naturalistes ayant pour objet la prospection des fonds rocheux subtidiaux de Bretagne : suivi du réseau benthique, inventaires des crustacés décapodes en marée à pied, initiation à la fiche de relevé MNHN dans le cadre du suivi Erika... Ils ont lieu à Concarneau, aux Glénan, à Bréhat, Groix ou Belle-Île, et sont destinés à des biologistes, des naturalistes et/ou plongeurs (niveau II FFESSM minimum).

→Rens. : Renseignements et formulaires à demander dès que possible à la station biologique marine du MNHN de Concarneau, Sandrine Derrien, tél. 02 98 97 06 59, derrien@mnhn.fr

Conférence

● 2 juillet/Le pays maritime : une possible réponse globale aux enjeux du littoral et des mers bordières



Lorient - Les mardis de la *Thalassa*, organisés par le CCSTI de Lorient, reçoivent Yves Lebahy, professeur agrégé de géographie à l'Université de Bretagne sud. Il présentera la nécessité d'un aménagement plus intégré et durable des espaces littoraux et des mers bordières.

→Rens. : CCSTI de Lorient, tél. 02 97 84 87 37, www.ccstilorient.org

Colloque

● 3 et 4 juillet/ Journées d'études et de diffusion technologique



Nantes - Ce colloque sera consacré à l'instrumentation et au traitement du signal et des images dans les procédés agroalimentaires et biotechnologiques. Objectif : rassembler un maximum d'acteurs des communautés scientifique et industrielle autour de ce thème, en mettant l'accent sur les apports de l'instrumentation et des traitements associés ainsi que sur les transferts technologiques avancés.

→Rens. : Meito, 11, rue du Clos Courtel, 35700 Rennes, tél. 02 99 84 85 00.

Congrès

● 17 et 18 juin/ Cancer et génomique : quels enjeux pour les malades ?



Saint-Malo - Les chercheurs et médecins de l'Institut Gustave Roussy (IGR, Villejuif) se donnent rendez-vous au palais du Grand Large de Saint-Malo pour discuter de la génomique et des thérapies ciblées en cancérologie.

→Rens. : www.igr.fr

● Du 17 au 20 juin/ Sea Tech Week



Brest - Organisée par la Communauté urbaine de Brest, la semaine des sciences et industries de la mer attend 350 industriels de divers pays, principalement des USA, pour la conférence sur les recherches pétrolières en grande profondeur.

→Rens. : François Bernez, directeur développement économique, CUB, tél. 02 98 33 50 47.

● Du 1^{er} au 5 juillet/ 3^{es} assises campus virtuel breton

Brest - Organisées par l'ENST Bretagne, ces 3^{es} assises donneront une place importante au "comment faire ensemble" par des stands de démonstration en libre parcours, des présentations d'outils ou encore une mise en situation de scénarios "d'apprenants à distance". Pour renforcer la dynamique coopérative, une université d'été sur la conception de formation à distance ouverte aux pays de la Loire prolongera les assises.

→Rens. : Michel Briand, tél. 02 99 00 12 80, michel.briand@enst-bretagne.fr

● 3, 4 et 5 juillet/ 38^{es} rencontres internationales de chimie thérapeutique



Rennes - Organisé sous l'égide de la Société de chimie thérapeutique de France, ce congrès international abordera des thèmes comme les aspects thérapeutiques de l'hypertension artérielle, l'obésité ou encore la recherche sur la douleur. Il se déroulera à la faculté de pharmacie de l'Université de Rennes 1.

→Rens. : Armelle Sauleau, tél. 02 23 23 48 45, www.pharma.univ-rennes1.fr/congres/stc2002.htm

● 4 et 5 juillet/ Rencontres biologie-physique



Rennes - Ces premières Rencontres biologie-physique du grand Ouest (RBPGO) ont pour objectif de dresser un état des lieux de la recherche à l'interface biologie-physique sur la région Ouest et de stimuler les échanges de techniques, de savoir-faire et les collaborations entre physiciens, biologistes et biophysiciens. Deux grands thèmes seront abordés : Biophysique cellulaire (Éric Karsenti de l'Institut Monod de Paris) et Structure/Fonction des macromolécules (Éva Pebay-Péroula de l'Institut de biologie structurale de Grenoble).

→Rens. : <http://rbpgo.univ-rennes1.fr/>

QUI A DIT ?

Réponse de la page 6

Jacques Prévert (1900-1977). Poète français fidèle à la tradition anarchisante du début du siècle, il a célébré les thèmes de la liberté, de la justice et du bonheur. On retrouve sa poésie dans les scénarios et dialogues qu'il a composés pour quelques-uns des plus grands films de Marcel Carné.

Expositions

Océanopolis



● Jusqu'à fin juin/ Expédition transgroëland 2000

Brest - Cette exposition retrace l'épopée du marin Frédéric Charnard-Boudet lors de sa traversée de la calotte glaciaire à pied.

● Jusqu'au 28 juin/ Les mécanos de l'Antarctique

Océanopolis ouvre ses portes à la photographe Lucia Simon qui propose une exposition sur la construction de la base Concordia, au cœur de l'Antarctique.

● Jusqu'au 8 septembre/ La vie cachée des huîtres

De l'huître, nous connaissons le côté festif et gastronomique. Mais que connaissons-nous de sa biologie, de sa reproduction et de son élevage ?

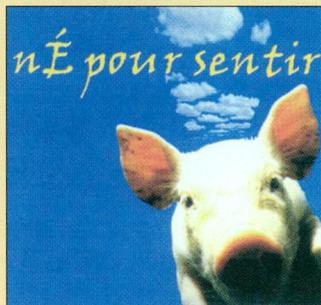
→Rens. : Océanopolis, tél. 02 98 34 40 40, www.oceanopolis.com

● Jusqu'au 14 juillet/ Mille et un visages de l'architecture en Bretagne au XX^e siècle

Rennes - Cette exposition qui se tient dans la salle des Piliers du Parlement de Bretagne dresse un panorama complet de la très grande diversité, voire des oppositions des grands courants architecturaux qui se sont exprimés en Bretagne tout au cours du XX^e siècle.

→Rens. : Direction de la communication de Rennes Métropole, Maryvonnick Le Lann, tél. 02 99 35 42 07.

● Jusqu'au 28 juillet/ Né pour sentir

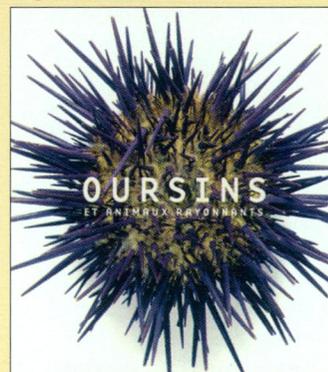


Laval - La nouvelle exposition du CCSTI de Laval incite le visiteur à

explorer le plus méconnu de ses cinq sens : l'odorat.

→Rens. : CCSTI de Laval, musée des Sciences, tél. 02 43 49 47 81, animation.ccsti@mairie-laval.fr

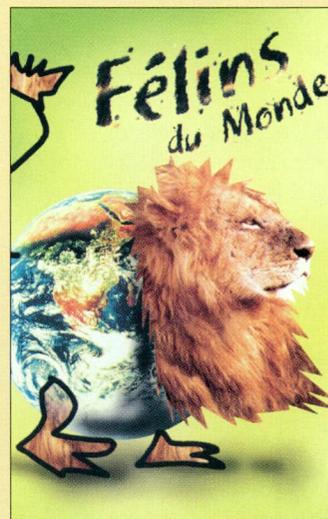
● Jusqu'au 18 août/ Oursins et animaux rayonnants



Nantes - Oursins, ophiures, lys, concombres ou étoiles de mer, venez découvrir ces animaux étranges, soit actuels et vivants, soit au travers de fossiles, ou encore des photos et des sculptures de Vincent Leray. Regards croisés d'un artiste et de scientifiques.

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

● Jusqu'au 15 septembre/ Félins du monde



Angers - Pour cette nouvelle exposition, les félins font du muséum leur nouveau territoire. Vous découvrirez toutes les espèces de félins du monde, vous pourrez côtoyer tigre, puma, lynx... Ces parfaits chasseurs seront présentés en détail (anatomie, évolution, comportement...) dans trois grands espaces du muséum.

→Rens. : Muséum d'Angers, tél. 02 41 86 05 84.

Appel à projet

● Les Nuits des étoiles

Les 8, 9 et 10 août prochains, l'Association française d'astronomie organise la 12^e édition des Nuits des étoiles. Cherchant à dépasser le cadre de mobilisation des seuls acteurs astronomiques, l'Afa propose différents dispositifs accessibles à tous les organisateurs et éducateurs intéressés : Les Nuits des étoiles juniors pour les centres de loisirs ou les centres de vacances, portes ouvertes le 9 août pour les planétariums et les espaces muséologiques dont la thématique est proche et, pour les offices de tourisme et tous les lieux qui accueilleront du public, des lieux d'accompagnement.

→ Rens. : Association française d'astronomie, direction des réseaux et de l'animation, 17, rue Émile Deutsch de la Meurthe, 75014 Paris, e.piednoel@cioletespace.fr

Sortir

● Jusqu'au 12 juillet/ "Meurtres au palais"



Paris - Le Palais de la découverte propose une exposition intitulée "Meurtres au palais, la science mène l'enquête", dans laquelle les visiteurs se transforment en détectives pour mener l'enquête sur deux faits divers et découvrir les différents procédés d'investigation scientifique et technique.

→ Rens. : Palais de la découverte, tél. 01 56 43 20 20, www.palais-decouverte.fr



● Du 1^{er} au 3 août/ Festival européen de l'espace

Millau (12) - Pour la 4^e édition de ce festival, organisé par le Cnes et l'ANSTJ, le public est invité à découvrir les différents aspects des techniques spatiales à travers des lancements de fusées expérimentales, des minifusées, des lâchers de ballons et des animations diverses.

→ Rens. : ANSTJ, Laurent Costy, tél. 01 69 02 76 22, www.anstj.org/espace rubrique "Festival 2002"

Exposition



Le miroir de Méduse Biologie et mythologie

● L'exposition Le miroir de Méduse - Biologie et mythologie a séduit messieurs Bernard Chevassus-au-Louis, président du Muséum de Paris et Hubert Curien, président de l'Académie des sciences, les deux invités à l'honneur lors de l'inauguration, qui a eu lieu le 26 avril dernier. Le premier soulignant la grande richesse du rapprochement entre culture et nature, ainsi que l'intérêt que les scientifiques et les médiateurs ont à travailler ensemble, mais chacun dans leur rôle ; le second rappelant que la science a bien sûr besoin de grands laboratoires bien équipés mais ne peut pas se passer de l'observation des objets naturels. "Nous sommes cernés par la technologie, mais il faut d'abord observer pour expliquer et comprendre !", renchérit-il.

Les gracieuses méduses Aurélia, présentes "en chair et en os" sur le lieu d'exposition de l'Espace des sciences, se prêteront à vos regards jusqu'à la fin du mois de juillet, à moins que vous ne soyez médusés dès l'entrée par le regard de la Gorgone...

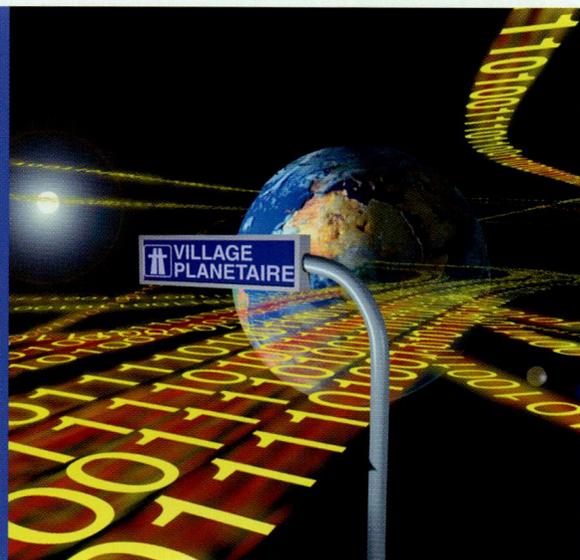
→ Du lundi au vendredi de 12 h 30 à 18 h 30 et le samedi de 10 h à 18 h 30. Animations : tous les jours à 16 h.
→ Plein tarif : 2 € ; réduit : 1 € ; 25 € pour les groupes scolaires ; gratuit pour les enfants de moins de 12 ans accompagnés. → Renseignements et réservations : tél. 02 99 35 28 28.



Remise à jour

● Créée en 1997 par l'Espace des sciences, l'exposition itinérante "Les autoroutes de l'information" a fait l'objet d'une remise à jour. Si le cheminement et les titres restent inchangés, les quinze panneaux affichent un nouveau design et le contenu de certains d'entre eux a été revu afin de suivre au plus près les progrès réalisés ces dernières années dans ce domaine fécond et porteur que sont les télécommunications, avec notamment une nouvelle mise en perspective des services proposés par l'Internet.

→ Rens. et locations : Patrick le Bozec, service diffusion, tél. 02 99 91 79 10.



Le Conseil régional de Bretagne

s'engage
à préserver
les espaces
naturels



Avec 56 "contrats nature" déjà engagés pour un investissement du Conseil régional de plus de 1,8 million d'euros (12 millions de francs), la Bretagne agit pour la préservation de son patrimoine naturel. Fortes du soutien financier qu'elles trouvent auprès de la Région, les collectivités locales et les associations s'engagent dans des actions de réhabilitation de sites d'intérêt écologique majeur. Cette politique originale initiée par le Conseil régional de Bretagne permet la sauvegarde de milieux naturels et d'espèces animales et végétales remarquables. Les "contrats nature" déjà mis en place offrent au public d'aujourd'hui, mais aussi à celui de demain, la chance de pouvoir profiter d'un patrimoine commun, celui d'une nature préservée et que chacun doit protéger.

Eau

Transport

Propreté

Energie

n°1 Mondial des services à l'environnement

Vivendi Environnement a pour vocation de satisfaire, au quotidien, les besoins essentiels des populations, dans le respect des ressources naturelles. L'eau, la propreté, les transports collectifs et les services énergétiques au service des consommateurs, des collectivités et des industriels. Vivendi Environnement est le seul acteur du marché présent dans tous les services à l'environnement. Implanté dans plus de 100 pays, il rassemble 250 000 collaborateurs et réalise un chiffre d'affaires de plus de 26,6 milliards d'euros.

Tenez-vous informé 0 805 800 000
appel gratuit à partir d'un poste fixe
www.vivendienvironnement.com

VIVENDI
Environnement