



Génie civil Le froid ne passera pas par là

Chimie Le grand moment d'une petite molécule

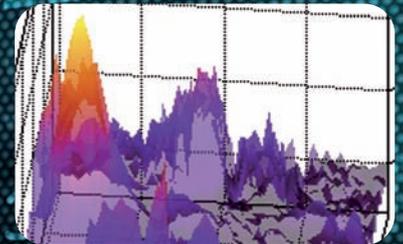
● La revue de l'Espace des sciences

sciences ouest

www.sciences-ouest.org

n°317

FÉVRIER 2014



Simulation, authentification : des PME innovent

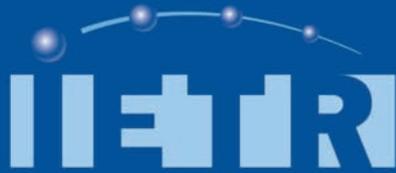


Les ingénieurs de la cyberdéfense mobilisés



Les chercheurs au cœur de la sécurité des logiciels

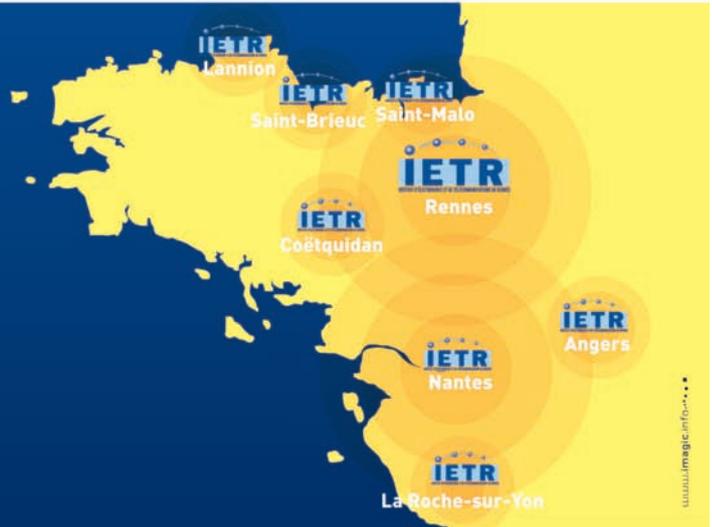
CYBERSÉCURITÉ : LA BRETAGNE EN POLE POSITION



SUR TOUTES LES LONGUEURS D'ONDES

WWW.IETR.FR

- Communications
- Image
- Automatique
- Antennes
- Dispositifs hyper fréquences
- Propagation-localisation
- Télédétection
- Microélectronique et microcapteurs



Le triangle / CONGRÈS

BRETAGNE^{RE}

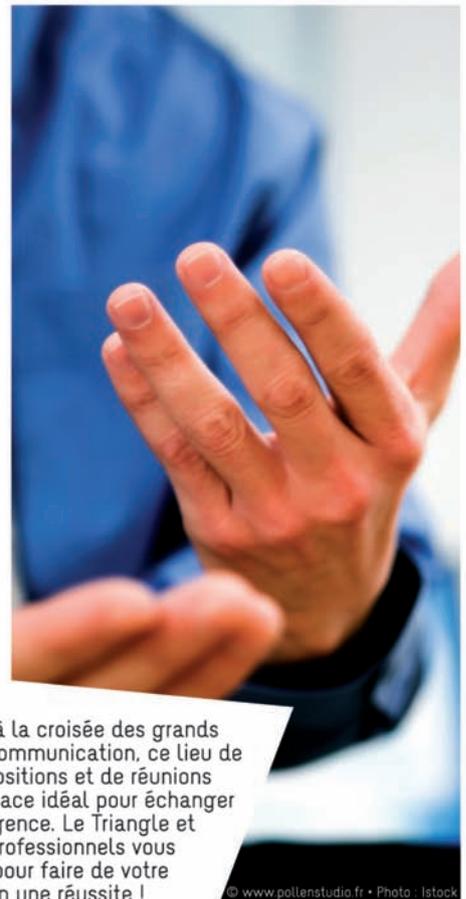
**À Rennes, mettez en scène
vos séminaires, congrès et
conventions avec l'appui
d'une équipe rigoureuse
et attentive.**

www.letriangle-congres-rennes.fr
Tél. : 02 99 22 27 00

**SÉMINAIRES
CONGRÈS
CONVENTIONS**

Situé à la croisée des grands axes de communication, ce lieu de congrès, d'expositions et de réunions d'affaires, est l'espace idéal pour échanger et vivre en intelligence. Le Triangle et son équipe de professionnels vous accueilleront pour faire de votre manifestation une réussite !

© www.pollenstudio.fr • Photo : Istock





Bienvenue en "cyberBretagne" !

En Bretagne, les sujets phares de la recherche et de l'innovation se trouvent dans les domaines de la mer et des biotechnologies, de l'alimentation et de l'agroalimentaire, des technologies de l'information et de la communication... Mais, et cela est moins connu, la région est aussi le pôle le plus important en France en matière de cybersécurité !

Les forces en puissance - laboratoires de recherche et entreprises à visée militaire et/ou

civile - sont déjà en place depuis plusieurs années. Leur notoriété ainsi que les projets qui y sont menés devraient être stimulés par l'ouverture de la première formation d'ingénieurs en cybersécurité à Vannes en septembre dernier, et par l'annonce, le 21 janvier, du ministre de la Défense, Jean-Yves Le Drian, de la création du Pôle d'excellence cyberdéfense. À découvrir dans ce dossier.

NATHALIE BLANC
RÉDACTRICE EN CHEF

n° 317 FÉVRIER 2014

sciences ouest

DÉJÀ DEMAIN LES BRÈVES

CE QUE JE CHERCHE

Par YASSINE KADMI, chimiste

« Je scrute les composés de l'eau potable. »

NOUS AURONS TOUT SOUS LES YEUX !

DES ÉTIQUETTES BIEN FAITES

LA CAILLE EST-ELLE UNE MÈRE POULE ?

4

4

6

7

DÉJÀ DEMAIN LES ACTUS

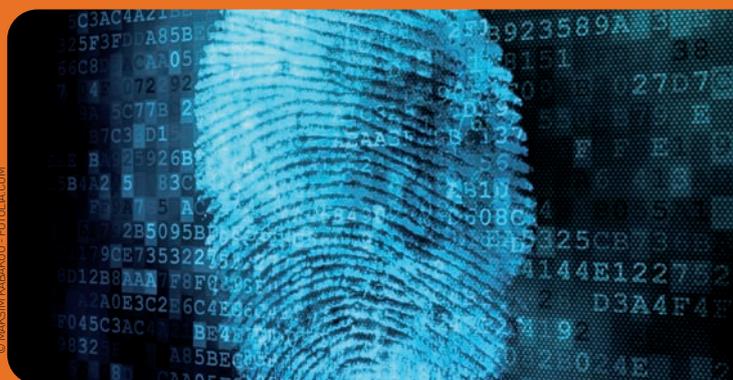
LE FROID NE PASSERA PAS PAR LÀ

LE GRAND MOMENT D'UNE PETITE MOLÉCULE

8

9

LE DOSSIER



LA CYBERSÉCURITÉ DÉCRYPTÉE

10 à 18

DES FORMATIONS SUR MESURE 12/13

DANS LES ARCANES DE LA SÉCURITÉ 14

LA DÉFENSE EN PREMIÈRE LIGNE 15

LES PUCES CONTRE-ATTAQUENT ! 16

SIMULER LA SÉCURITÉ INDUSTRIELLE 16

ENTRÉE EN JEU DE LA BIOMÉTRIE 17

LES POINTS JURIDIQUES À RÉSOUDRE 18

À L'ESPACE DES SCIENCES

19

L'AGENDA DE LA REDACTION

20

L'ÉPREUVE PAR 7

PIERRE-ALAIN FOUQUE

Enseignant-chercheur en cryptographie à l'Université de Rennes 1

Une interview non scientifique

22



POINTE SÈCHE PAR WILLIAM AUGEL

ta mère me demande comment je peux répondre à ton téléphone biométrique



sans ton empreinte digitale!

dis-lui que tu m'as coupé le petit doigt!



Je crois qu'elle t'a entendu



et qu'elle vient de s'évanouir

CE QUE JE CHERCHE

« Je scrute les composés de l'eau potable. »

YASSINE KADMI
CHIMISTE

« J'étudie certains produits présents à très faible concentration dans l'eau. Ils résultent de réactions chimiques entre la matière organique et le chlore ajouté dans l'eau pour la rendre potable. Ces produits sont potentiellement toxiques et certains ont la particularité d'apparaître et de disparaître au fil du réseau de distribution. Je cherche donc à définir leur vitesse de formation et de dégradation pour prévoir à quelle distance d'une usine de traitement les pics de concentration sont les plus forts. Pour cela, j'ai d'abord analysé la littérature et sélectionné dix familles de molécules en fonction de leur occurrence dans l'eau et de leur toxicité supposée. Les concentrations de ces produits sont tellement faibles qu'il faut développer pour chaque famille un protocole expérimental spécifique de détection et de quantification, à l'aide de la chromatographie et de la spectrométrie de masse. L'expérience en laboratoire est réalisée à partir de trois types d'eaux collectés sur le terrain : d'une retenue d'eau au printemps, d'une en hiver et d'une nappe phréatique. Après avoir ajouté une dose donnée de chlore, j'ai mesuré régulièrement pendant 72 heures les concentrations en chlore et en produits sélectionnés pour l'étude. Répéter quinze fois l'expérience, sur une même eau, en changeant au moins un paramètre (dose de chlore, pH, température...) m'a permis de dégager des constantes et de modéliser la cinétique et les mécanismes en jeu pour une quarantaine de composés. Je rédige actuellement ma thèse, je la soutiendrai dans deux mois environ. »

PROPOS RECUEILLIS PAR KLERVI L'HOSTIS

Rens. : Yassine Kadmi Tél. 02 23 23 81 24
yassine.kadmi@ensc-rennes.fr



Yassine Kadmi est doctorant au sein de l'équipe Chimie et ingénierie des procédés, de l'Institut des sciences chimiques de Rennes (UMR CNRS 6226) à l'École nationale supérieure de chimie de Rennes.

Il a reçu le prix des techniques innovantes pour l'environnement au salon @Pollutec Horizons en décembre dernier.

Une société rennaise met au point des lunettes qui concurrencent les Google Glass du géant américain.
Nous aurons tout sous les yeux !

Marcher la tête dans son smartphone est parfois périlleux. Bientôt, nous porterons des lunettes high-tech et l'écran s'affichera devant nous. « C'est comme un kit mains libres du smartphone qui, lui, reste dans la poche », commence Khaled Sarayedine, directeur technique et cofondateur de la société Optinvent basée à Rennes.

Ses lunettes ORA-S sont "intelligentes", autrement dit, connectées. Via Bluetooth ou Wi-Fi au smartphone, à la tablette, ou autre borne Wi-Fi. Sous nos yeux apparaissent la météo, notre localisation, une vidéo... De loin, ces lunettes ont l'air tout à fait ordinaires sauf qu'une petite capsule, placée entre l'œil et le verre, fait office de projecteur. L'image se reflète grâce à des miroirs et des lentilles depuis un miniécran LCD, le tout caché dans un boîtier.

Celui-ci, fixé sur une branche au niveau de la tempe, renferme toute l'électronique : pavé tactile, caméra, appareil photo, prise jack pour le son, microphone, gyroscope, accéléromètre, boussole... Le système boîtier-capsule pivote sur lui-même pour libérer la vue quand on le souhaite. Et pour les myopes ? « On a résolu le problème, des verres correcteurs se clipsent sur les lunettes. » Même confort à l'intérieur

qu'à l'extérieur : la luminosité de l'affichage varie automatiquement en fonction de la lumière environnante, et les verres, photochromiques, s'assombrissent au soleil.

« Nous avons fait mieux que les Google Glass !, déclare Khaled Sarayedine. La surface de l'image est trois fois plus grande et deux fois plus lumineuse. » Elle est aussi placée en face de l'œil, alors que celle du géant américain s'affiche en haut à droite, une position peu naturelle.

Les professionnels amateurs d'objets high-tech en ont eu la démonstration début janvier, au CES (Consumer Electronics Show) de Las Vegas. « Le gros challenge technique est d'afficher une image qui soit transparente pour ne pas altérer notre champ de vision. Nous y travaillons depuis quatre ans. Neuf brevets ont été déposés dont trois sont maintenant validés. Notre technologie est donc protégée. » En théorie, les lunettes intelligentes ORA-S ont réponse à tout, reste à voir ce qu'elles donnent à l'usage. Disponibles en précommande sur le site d'Optinvent à destination des développeurs d'applications en réalité augmentée, elles trôneront peut-être sur notre nez avant la fin de 2014 !

Rens. : Khaled Sarayedine
Tél. 02 99 87 10 66
khaled.sarayedine@optinvent.com

LES ÉCHOS DE L'OUEST

DISTINCTION

PRIX DE THÈSE GILLES KAHN

● La doctorante Delphine Demange s'est vu remettre le prix de thèse Gilles Kahn 2013 en décembre, pour son travail sur l'analyse sémantique de logiciels au sein de l'équipe Celtique à Inria Rennes. Cette distinction est remise par la Société informatique de France et patronnée par l'Académie des sciences.

Rens. : www.inria.fr/equipes/celtique

BIOTECHNOLOGIES

DE L'EAU DE MER POUR ATALANTE À SAINT-MALO

● Un réseau d'approvisionnement en eau de mer sera réalisé à Saint-Malo. Destiné aux entreprises d'Atalante qui évoluent dans les biotechnologies marines, il alimentera aussi le Grand Aquarium et prévoit un système de rejet des eaux de mer usées. Un appel d'offres de maîtrise d'œuvre est publié.

Rens. : www.atalante-stmalo.fr

Une molécule, deux fonctions

À Brest, deux équipes de chimistes⁽¹⁾ et de biologistes⁽²⁾ se sont spécialisées dans la synthèse et l'évaluation de molécules spécifiques au transfert d'ADN. Ce sont des lipides cationiques (chargés positivement), capables de compacter l'ADN et de le transporter à l'intérieur des cellules⁽³⁾. « *Certains lipides cationiques étant aussi connus pour être toxiques pour des bactéries (propriétés bactéricides). Nous avons donc entrepris de tester nos molécules dans ce sens et cela a porté ses fruits* », affirme le chimiste Paul-Alain Jaffrès. Une famille de lipides à base de sels d'arsonium présente en effet deux activités - antibactérienne et transfectante - qui, en plus, peuvent être obtenues en même temps. Une première qui a été publiée⁽⁴⁾ ! Cette double propriété pourrait être exploitée dans le traitement de maladies monogénétiques⁽⁵⁾, comme la mucoviscidose. « *Le vecteur pourrait apporter le gène qui fait défaut tout en venant détruire les bactéries pathogènes qui viennent coloniser les poumons de façon chronique* », souligne le biologiste Tony Le Gall. Une piste de travail intéressante, sachant qu'il n'existe pas encore de traitement pour cette maladie.

⁽¹⁾Équipe Phosphore et vectorisation de l'UMR CNRS 6521 dirigée par Yves Le Mest. ⁽²⁾Équipe Thérapie génique et cellulaire (Pr P. Lehn, Dr T. Montier) de l'UMR Inserm U1078 dirigée par Claude Férec. ⁽³⁾Lire "Transport moléculaire optimisé" dans *Sciences Ouest* n° 315 - décembre 2013. ⁽⁴⁾Dans *Advanced Healthcare Materials*. ⁽⁵⁾Dues à la défaillance d'un seul gène.

Rens. : Tony Le Gall Tél. 02 98 01 81 03
tony.legall@univ-brest.fr

PLONGEONS DANS L'OcéAN ARCTIQUE

● Le voilier d'Under the Pole II : Discovery Greenland a quitté le port de Concarneau le 17 janvier pour 22 mois d'expédition en océan Arctique. Au programme : étude de la biodiversité, des interactions entre l'atmosphère et la banquise, et de l'adaptation de l'homme en milieu extrême. L'Académie de Rennes s'associe à l'opération pour faire découvrir l'univers glacé du cercle polaire aux classes du primaire et secondaire. Pendant la remontée de la côte ouest du Groenland, les élèves pourront échanger avec l'équipage et les scientifiques impliqués, via le site Web d'Under the Pole. À l'occasion du retour de certains membres de l'expédition, un temps fort est prévu au Centre des arts de Concarneau le 20 mai. Les classes participantes présenteront leurs travaux et assisteront à une conférence sur l'expérience à bord.

Rens. : <http://espaceeducatif.ac-rennes.fr/jahia/Jahia/site/espaceeducatif3/pid/19299> www.underthepole.com



© BENJAMIN FROYELLE - DEEPSEA - UNDER THE POLE

INSERTION PROFESSIONNELLE

● L'Université de Bretagne-Sud est dans le Top 3 des universités françaises pluridisciplinaires qui préparent le mieux à l'emploi, en droit, économie, gestion, et en sciences et technologies. Le classement, publié dans *Le Monde* en décembre, résulte d'une enquête du ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche.

Rens. : www.univ-ubs.fr

MISE À L'EAU D'UNE PLATE-FORME FLOTTANTE

● Dans le cadre de travaux de Recherche et développement engagés pour créer une éolienne flottante, la société lorientaise Nass & Wind a installé une plate-forme flottante au large de Saint-Vaast-la-Hougue (Manche) afin d'effectuer des mesures environnementales. Six mois seront nécessaires pour la tester.

Rens. : <http://nassetwind.com>

ILS ONT INVENTÉ LE POST-IT VIRTUEL

● Huit étudiants de Télécom Bretagne ont remporté la troisième édition du Challenge Innovation d'Orange et d'Alcatel-Lucent, avec le projet Glif It. Ils avaient pour mission d'inventer la ville de demain et ont proposé un réseau social intégrant la réalité augmentée permettant la diffusion d'informations multimédias sur un Post-it virtuel.

Rens. : www.telecom-bretagne.eu

LES BRETONS CONNECTÉS DE RETOUR DE LAS VEGAS

● Les objets connectés ont fait mouche au salon high-tech de Las Vegas⁽¹⁾ en janvier dernier. Et dans la course vers ces technologies du futur, les entreprises bretonnes, notamment rennaises, ne sont pas en reste (voir ci-contre les lunettes d'Optinvent). Oya Light propose un luminaire à LED qui utilise la technologie Li-Fi (communication sans fil par la lumière). « *Une dalle lumineuse remplace les néons au plafond d'un bâtiment. Elle éclaire, bien sûr, mais elle reçoit aussi des informations en Wi-Fi depuis un ordinateur et peut les envoyer en Li-Fi à notre smartphone quand on passe dessous. Une promotion dans un supermarché, notre localisation...* », explique Marie-Laure Le Four, P-DG de l'entreprise. Guillemot Corporation a été récompensée pour son haut-parleur Wae Neo connecté en Bluetooth et sa platine de mixage sans fil (DJControlWave) permettant aux utilisateurs d'iPad de jouer les DJ. Et Taztag crée des équipements mobiles sécurisés intégrant de multiples technologies comme le sans contact et l'identification biométrique (lire notre dossier p. 17).

⁽¹⁾Le Consumer Electronics Show (CES).

Rens. : www.oyalight.com - www.guillemot.com - www.taztag.com



© DR

ENTREPRISES

BILAN D'ACTIVITÉS

● La technopole Anticipa a dressé son bilan d'activités 2013. Elle a soutenu la création de quinze sociétés, dont six sont innovantes et démarrent leurs activités à Lannion ou alentour. D'autre part, plus de 3 millions d'euros ont permis d'accompagner 58 entreprises dans leurs projets d'investissements.

Rens. : www.technopole-anticipa.com

DES SOUTIENS LOCAUX

● Rennes Métropole soutient deux entreprises innovantes pour leurs projets de création d'emplois. Oméga Cat System (Cesson-Sévigné), produit et utilise des catalyseurs recyclables⁽¹⁾, tandis que Medventiv (Rennes), est spécialisée dans la mise au point de matériel dentaire innovant.

⁽¹⁾Lire *Sciences Ouest* n° 266 - juin 2009. www.espace-sciences.org/sciences-ouest/archives

Rens. : www.omcat-system.com - www.medventiv.com

STRATÉGIE

NOUVELLES FEUILLES DE ROUTE

● Les pôles de compétitivité Valorial, Mer Atlantique et Images & Réseaux ont signé leurs nouveaux contrats de performance le 10 janvier dernier pour la période 2014-2018.

Rens. : www.pole-mer-bretagne.com
www.images-et-reseaux.com
www.pole-valorial.fr



© AMENPHART

Transmettre plus vite

Des physiciens brestois jouent sur l'épaisseur d'un matériau au cœur des systèmes de communications.

Dans les systèmes de communications comme les radars, le mot d'ordre est la vitesse. Les dispositifs hyperfréquences qui les composent doivent donc garantir ce paramètre. C'est dans cette optique que l'équipe couplage du Laboratoire de magnétisme de Bretagne (LMB) a choisi d'utiliser et d'optimiser des grenats d'yttrium. Ce matériau répond en effet à certaines exigences : résistance, transparence (intéressante en optique) et sa maille cristalline est telle que les grenats peuvent héberger des éléments chimiques de différentes tailles. Les grenats sont déjà utilisés pour des applications d'hyperfréquence, mais le challenge du LMB, dans le cadre du projet Trinidad⁽¹⁾, consiste à les miniaturiser. D'épaisseur nanométrique, ils garantissent une transmission particulièrement rapide et sans perte.

Pour fabriquer et caractériser ces grenats d'épaisseur nanométrique, les chercheurs ont choisi de recourir à l'épitaxie en phase liquide. La technique consiste à faire déposer des molécules ou des atomes, issus d'une phase liquide, sur un support monocristallin (substrat) pour former un film dont la structure reproduit celle du support. Cela permet d'obtenir des matériaux monocristallins avec des propriétés nouvelles. Les physiciens vérifient ensuite les propriétés électromagnétiques des grenats produits et étudient le couplage de ce matériau avec un métal tel que le platine.

⁽¹⁾Le projet est financé par La Direction générale de l'armement (DGA). Le Laboratoire de magnétisme de Bretagne y participe en consortium avec Thales et le Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA).

Rens. : Jamal Ben Youssef Tél. 02 98 01 73 96
Jamal.Ben-Youssef@univ-brest.fr

Un guide pour aider les entreprises à passer le cap de l'étiquetage nutritionnel obligatoire vient d'être publié.

Des étiquettes bien faites

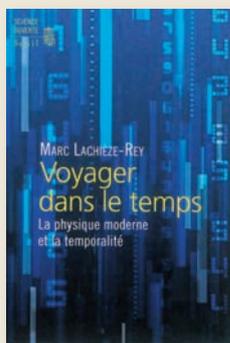
Préésenté le 21 janvier au Centre culinaire contemporain de Rennes par l'Association bretonne des entreprises agroalimentaires (Abea), un nouveau guide sur l'étiquetage nutritionnel vient de sortir. Il est le résultat d'un travail mené en collaboration avec plusieurs industriels du secteur. À compter de décembre 2014, une réglementation européenne rend obligatoire l'étiquetage nutritionnel de tous les produits alimentaires préemballés, de la production à la distribution⁽¹⁾. Cette réglementation a pour objectif d'uniformiser l'étiquetage et

d'améliorer sa lisibilité, afin que le consommateur puisse comparer les produits. « Mais les textes officiels sont indigestes. Il a d'abord fallu que nous, les entreprises, arrivions à les décrypter afin d'en présenter une interprétation simplifiée », explique Sylvie Meunier, membre de la Cecab⁽²⁾. C'est le premier volet du guide, qui n'était pas présent dans la première édition publiée en 2011.

⁽¹⁾Lire Sciences Ouest n° 287 - mai 2011. www.espace-sciences.org/sciences-ouest/archives. ⁽²⁾Centrale coopérative agricole bretonne.

Rens. : Abea Tél. 02 99 31 55 25
contact@abea.fr

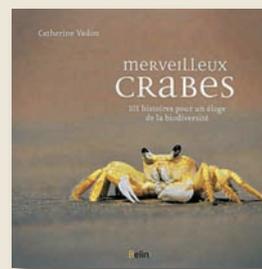
LIVRES Les coups de cœur de la Bibliothèque de Rennes Métropole



VOYAGER DANS LE TEMPS : LA PHYSIQUE MODERNE ET LA TEMPORALITÉ

● Voyager dans le temps a toujours fait rêver les hommes. À la lumière de la science contemporaine, le physicien Marc Lachièze-Rey évalue la faisabilité du voyage temporel et nous révèle les hypothèses les plus novatrices de la physique quantique. Ces questionnements amènent à interroger et à remanier la notion même du temps.

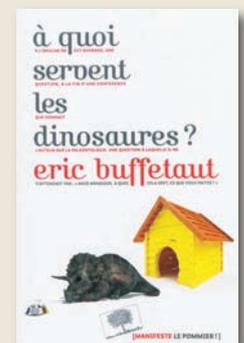
Marc Lachièze-Rey, collection Science ouverte, Seuil, 2013.



MERVEILLEUX CRABES : 101 HISTOIRES POUR UN ÉLOGE DE LA BIODIVERSITÉ

● Savez-vous qu'il existe des crabes oranges outans, des crabes licornes ou des pom-pom crabes qui tiennent une anémone urticante entre leurs pinces ? À travers la vie variée de ces crustacés, de leurs diversités de formes, de couleurs et de lieux de vie, Catherine Vadon nous fait explorer les enjeux de l'environnement et de la biodiversité.

Catherine Vadon, Belin, 2013.



À QUOI SERVENT LES DINOSAURES ?

● Omniprésents dans la culture populaire, les dinosaures sont bien plus que d'impressionnantes bêtes. Ils servent à découvrir notre histoire et ce que nous sommes devenus. Le paléontologue Éric Buffetaut nous explique en quatre-vingt-dix pages en quoi l'étude des fossiles a permis de comprendre le vivant.

Éric Buffetaut, Manifeste Le Pommier, 2013.

Retrouvez ces ouvrages en prêt au 3^e étage de la Bibliothèque de Rennes Métropole, Les Champs Libres - pôle Sciences et vie pratique. www.bibliotheque-rennesmetropole.fr

LES ÉCHOS DE L'OUEST

INVESTISSEMENT

ACCÉLÉRATEUR DE START-UP

● À Brest, West Web Valley est un nouvel incubateur privé de start-up dans le domaine du numérique. Il mise sur un apport de vingt-cinq millions d'euros en cinq ans de la part d'une cinquantaine de dirigeants d'entreprises pour se doter d'un fonds d'investissement, et sur la création de 100 à 200 emplois.

Rens. : www.west-web-valley.fr

REGROUPEMENT

CRÉATION DE BREIZH ANGELS

● Les quatre business angels de Bretagne, Armor Angels, Bretagne Sud Angels, Finistère Angels et Logoden se sont regroupés dans une même coordination baptisée Breizh Angels le 14 janvier dernier. Ces associations de financement des entreprises innovantes vont ainsi multiplier leurs investissements.

Rens. : www.rennes-atalante.fr

CHANGEMENT DE TÊTE

NOUVEAU VICE-PRÉSIDENT À L'UEB

● Yvan Lagadeuc, directeur de l'école doctorale Vie-Agro-Santé à l'Université de Rennes 1, devient vice-président de la recherche de l'Université européenne de Bretagne. Il prend la succession de Christian Roux, désormais directeur Recherche et Développement de l'École nationale supérieure des mines de Saint-Étienne.

Rens. : www.ueb.eu

Il existe des styles maternels chez l'oiseau. Cela a été prouvé pour la première fois par des éthologues rennais.

La caille est-elle une mère poule ?

Dans le laboratoire d'éthologie de l'Université de Rennes 1, les cailles japonaises font l'objet de nombreuses études⁽¹⁾. Celle qu'a menée Florent Pittet, dans le cadre de sa thèse⁽²⁾, portait sur la caractérisation des comportements maternels. « *Nous pratiquons l'adoption, c'est-à-dire que nous confions des jeunes, dès leur sortie de l'œuf, à des femelles adultes non apparentées, explique-t-il. Cela nous permet de nous affranchir de l'influence génétique et prénatale de la mère. Ce qui est pratiquement impossible à faire avec les mammifères, chez lesquels la mère a en plus une influence physiologique via la lactation.* »

Après relevé et traitement statistique de différents comportements observés (distance entre la mère et ses petits, temps consacré au réchauffement, coups de bec...), les chercheurs ont pu démontrer que les femelles expriment toutes un comportement maternel différent, caractérisable selon le degré d'agressivité et de rejet envers les jeunes et

qu'il persiste d'une phase maternelle à la suivante. Cela n'avait jamais été démontré chez les oiseaux ! Les chercheurs ont ensuite mis en évidence que les caractéristiques comportementales des femelles (niveaux de peur et de motivation sociale) avant le maternage, permettent de prédire la manière dont elles allaient élever leurs oisillons. L'influence des styles maternels sur le développement comportemental du jeune a aussi été étudiée. Ces résultats ont été publiés mi-janvier⁽³⁾.



⁽¹⁾ Lire "Petit cailleteu n'aime pas le stress" dans *Sciences Ouest* n° 286 - avril 2011 ; "Un robot qui maternelle les jeunes cailles" dans *Sciences Ouest* n° 294, janvier 2012. ⁽²⁾ Dirigée par Sophie Lumineau, dans l'équipe Influence des congénères sur le développement comportemental (ICDC). ⁽³⁾ Dans *Animal Behaviour*. F. Pittet, C. Houdelier, E. De Margerie, O. Le Bot, M.-A. Richard-Yris, S. Lumineau. Maternal styles in a precocial bird. *Animal Behaviour*. 87 : 31-37. January 2014.

Rens. : Florent Pittet, florent.pittet@gmail.com
Sophie Lumineau Tél. 02 23 23 68 36
sophie.lumineau@univ-rennes1.fr.

LES JEUNES POUSES DE BREST-IROISE

● Le Technopôle Brest-Iroise accompagne quatre nouvelles entreprises innovantes. Parmi elles, Deev Interaction, dirigée par François Legras, conçoit et évalue des interfaces homme-machine interactives dans le but de rendre explicite le fonctionnement d'un algorithme complexe, par exemple dans le domaine de la sécurité civile. La société Sédisor, créée par la géochimiste Sidonie Révillon, offre quant à elle des prestations d'analyse de roches, sédiments, sol, eau et vin.

Rens. : www.tech-brest-iroise.fr

UN ROBOT POUR NAVIGUER DANS LE CERVEAU

● Syneika, basée à Cesson-Sévigné, a mis au point en 2009 un neuronavigateur destiné au traitement, par la stimulation cérébrale non invasive, de pathologies psychiatriques et neurologiques. Elle va le combiner au TMS-Robot⁽¹⁾ d'Axilum Robotics, une société de Strasbourg. Le principe ? Le neuronavigateur définit la région anatomique où le traitement doit être appliqué, et l'indique en temps réel au TMS-Robot, qui remplace alors la main du manipulateur et positionne les électrodes sur le crâne du patient. La robotisation permettra notamment de compenser les mouvements du patient et de gérer les trajectoires complexes de stimulation.

⁽¹⁾TMS : stimulation magnétique transcrânienne.

Rens. : www.syneika.com

LA RECHERCHE BRETONNE A LA SANTÉ

● Dans le cadre du programme national de recherche Environnement-Santé-Travail, l'Agence nationale de sécurité sanitaire (Anses) a sélectionné trente-sept projets de recherche en 2013, parmi lesquels cinq sont bretons. À la Station biologique de Roscoff, le projet Alzheimer concerne la détection de produits potentiellement alzheimerigènes. L'Institut d'électronique et de télécommunications de Rennes s'intéresse, quant à lui, aux expositions induites par les futurs systèmes de transfert d'énergie sans fil. Les trois autres projets sont pilotés par des laboratoires de l'Institut de recherche santé environnement et travail (Irset) à Rennes. Métagénotox est l'étude de l'impact des contaminants de l'environnement sur les cellules du foie lors d'une fibrose hépatique. Chempsy cherche à détecter de nouveaux perturbateurs endocriniens. Et le programme Popeye concerne l'exposition aux pesticides de l'enfant au cours de son développement.

Rens. : www.anses.fr

EUROPE

POUR DES JOUETS PLUS SÛRS

● De 2008 à 2012, la dangerosité et la non-conformité des jouets constatées par la Direction générale de la concurrence, de la consommation et de la répression des fraudes (DGCCRF) sont passées de 27 % à 17,8 %. Une amélioration due notamment à un socle européen de réglementations garantissant des jouets sûrs (marquage CE, Reach...).

Rens. : Entreprise Europe Ouest Tél. 02 99 25 41 91
www.entreprise-europe-ouest.fr

Montez en compétences en sécurité informatique et des réseaux.

Le **master sécurité des systèmes d'information** vous apporte les bases en :

➤ cryptographie, administration de réseaux, politique de sécurité, sécurité des réseaux, vulnérabilité des logiciels...

Il permet de vous spécialiser en :

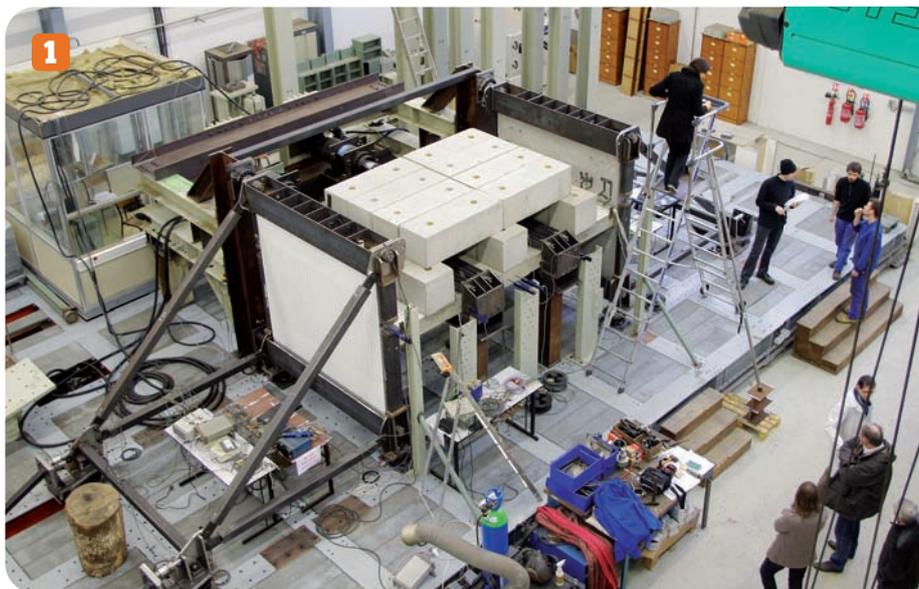
➤ architecture réseaux, contrôle d'accès, système de détection des intrusions, protection de la vie privée...

La **licence professionnelle réseaux sans fil et sécurité des réseaux** forme des cadres possédant :

➤ une solide compétence technique dans les réseaux sans fil, mobiles et leur sécurisation ;
➤ une grande capacité d'organisation de projets et de management d'équipe.

Service formation continue - université de Rennes 1
Tél. : 02 23 23 39 50 - sfc@univ-rennes1.fr
<http://sfc.univ-rennes1.fr>

UNIVERSITÉ DE
RENNES 1



Le froid ne passera pas par là

GÉNIE CIVIL Un ingénieur rennais a mis au point un boîtier isolant pour diminuer les déperditions thermiques entre le plancher et les murs extérieurs d'un bâtiment.

Nos maisons sont truffées de courants d'air. Partout, des infiltrations : autour des fenêtres, de la toiture, du plancher... Pour compenser, on se contente d'augmenter le chauffage. Pourtant, il faudra bien combler le trou, conformément à la Réglementation thermique 2012. Issue du Grenelle Environnement et entrée en vigueur fin 2011, celle-ci demande de diminuer de 40 % la déperdition de chaleur au niveau des planchers dans tous les bâtiments neufs. Franck Palas, responsable technique du bureau d'études Ingénova, basé à Rennes, s'est engouffré dans la brèche et innove avec un isolant thermique à placer entre la façade et le plancher lors de la construction des bâtiments. Appelé Slabe, ce boîtier pourrait révolutionner le génie civil. « Il existe bien un rupteur thermique allemand, mais il n'est pas adapté aux efforts sismiques. Or, des régions comme la Bretagne connaissent parfois de faibles tremblements de terre. Si le plancher se met à bouger, les barres qui servent de liaison avec la façade se fragilisent et se comportent alors comme un trombone que l'on

viendrait trop manipuler. Il y a aussi des systèmes d'isolation par l'extérieur mais ils sont mal intégrés dans la culture architecturale française. »

Robuste et déformable

Le Slabe est inspiré du système allemand. Composé d'un boîtier PVC étanche et de barres en acier inoxydable, il permet de diminuer de 74 % la déperdition de chaleur. « L'acier inoxydable est doublement avantageux par rapport à l'acier classique. Il a une faible conductivité thermique et une bonne ductilité, c'est-à-dire que le matériau se déforme plus qu'il ne casse. » Mais cela ne suffit pas pour éviter la rupture en cas d'activité sismique. La grande innovation est la combinaison de deux pièces ajoutées, à la fois robustes et ductiles : l'une en forme de Z et l'autre en forme de N incrustées dans le plan-

cher en béton. « Le Z permet de supporter les mouvements verticaux engendrés par le poids du plancher et le pas des occupants tandis que le N absorbe les mouvements horizontaux comme un tremblement de terre. »

Tests grandeur nature

Le nouveau rupteur thermique a été pensé fin 2008. « Je l'ai imaginé en une semaine pendant mes vacances de Noël, se rappelle Franck Palas. La conception du produit a été très rapide mais sa mise sur le marché est un long parcours du combattant... » Breveté en 2009, le Slabe a fait l'objet d'un chantier pilote à Rennes la même année : « Sur le terrain, les ouvriers doivent intégrer une nouvelle technique de pose tout en sécurisant le produit, nous avons donc travaillé sur sa mise en œuvre. » Puis, l'ingé-

nier s'est confronté à l'évaluation du Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB). « Sans la validation des experts, on ne peut pas fabriquer et commercialiser l'objet », explique-t-il. Face aux interrogations du CSTB, il a fait appel à l'Insa de Rennes dont il est un ancien élève. « Nous avons vite collaboré au vu de nos intérêts communs, explique le chercheur Hugues Somja. À l'Insa, nous menons des travaux, plus généraux, sur la combinaison béton/acier. » La plate-forme technologique génie civil et mécanique de l'école d'ingénieurs (PFT GCM) a permis de réaliser des tests grandeur nature afin de consolider l'argumentaire scientifique et technique du Slabe auprès de la communauté d'experts.

« Nous avons installé un plancher de quatre mètres de long fixé à deux murs de deux

Diminuer la consommation d'énergie

L'étanchéité à l'air d'un bâtiment est désormais une obligation indissociable de la Réglementation thermique 2012 (RT 2012). Elle se mesure notamment par un coefficient de déperdition au niveau des ponts thermiques de planchers qui ne doit pas dépasser 0,60 Watt par mètre-kelvin. Depuis la mise en place d'une Réglementation thermique (1974), la consommation énergétique des constructions neuves a été divisée par deux. Le Grenelle Environnement prévoit de la diviser à nouveau par trois grâce à la RT 2012.

KLH

1 Les tests ont été réalisés sur la plate-forme technologique de l'Insa. Le Slabe a été soumis à des vibrations dynamiques de 4 cycles de charge/seconde et des pressions de 2 x 30 tonnes appliquées par deux vérins.

2 À l'heure actuelle, le plancher d'un bâtiment est directement fixé à la façade sans isolation de type laine de roche. Un pont thermique se crée entre l'extérieur et l'intérieur.

3 Le Slabe sépare le plancher de la façade et rompt ainsi le pont thermique. Les pièces en forme de Z et de N permettent au système de résister aux mouvements verticaux et horizontaux.

© DR

mètres de côté via des boîtiers Slabe. » Le principe est de simuler une activité sismique en appliquant à petite et grande vitesses des cycles de charges de plus en plus élevées. « Nous sommes montés à un séisme six fois plus gros que ce que l'on peut connaître dans la région. » Les murs sont quadrillés pour visualiser le tracé des fissures qui apparaissent lorsque le système commence à se fragiliser. Et une centaine de capteurs situés sur les différentes parties des boîtiers Slabe mesurent les déformations de l'acier. D'autres simulations ont été effectuées sur ordinateur, appliquées à dix types d'architectures.

Bientôt validé

« À la fin de 2013, le CSTB nous a demandé de réitérer nos simulations sur un deuxième logiciel. » Une ultime présentation du projet auprès des experts vient d'avoir lieu pour valider définitivement sa conformité. Le Slabe rennais, un boîtier simple, robuste et unique en Europe, pourrait bien se retrouver un de ces jours dans les bâtiments neufs, en France et même au-delà. Finis les courants d'air !

KLERVI L'HOSTIS

CONTACTS

Franck Palas Tél. 02 99 86 80 99
franck.palas@bet-ingenova.fr
Hugues Somja Tél. 02 23 23 86 83
hugues.somja@insa-rennes.fr

CHIMIE Une équipe rennaise a publié à la fin de 2013 ses travaux sur un complexe moléculaire qui pourrait remplacer le silicium pour stocker les données informatiques.

Le grand moment d'une petite molécule

Le monde du numérique progresse à grande vitesse et déjà plusieurs milliards de données enregistrées chaque jour dévorent des espaces de stockage toujours plus grands. « Pour stocker un bit d'informations à l'heure actuelle, il faut plusieurs atomes de silicium qui occupent une surface d'une cinquantaine de nanomètres de côté. Nous proposons de stocker ce bit sur un complexe moléculaire renfermant un seul atome de dysprosium, d'une surface 2 500 fois plus petite⁽¹⁾ », explique le chimiste Fabrice Pointillart. Ce complexe moléculaire a été développé par le groupe rennais Matériaux inorganiques multifonctionnels (MIM)⁽²⁾ de l'Institut des sciences chimiques de Rennes. « Notre choix s'est porté sur le dysprosium car il possède le plus grand moment magnétique parmi les terres rares⁽³⁾, c'est-à-dire qu'il est très sensible au

champ magnétique. » Quand il y est soumis, le dysprosium peut prendre deux directions opposées qui lui confèrent des propriétés différentes. « Puis, lorsque le champ magnétique devient nul, l'atome conserve l'une ou l'autre des orientations », ajoute le physicien Olivier Cador. L'existence de ces deux états rémanents rend possible l'adressage de deux données numériques distinctes (par exemple 0 et 1).

Effet mémoire en solution

D'autres molécules dotées de cet effet mémoire existent déjà sous forme cristalline. « Avec notre complexe de dysprosium, le phénomène fonctionne en solution et c'est une première ! » La solubilité et la robustesse de la molécule facilitent son dépôt sur une surface. Les chercheurs ont aussi lié l'atome à un fragment moléculaire⁽⁴⁾ pour exalter sa luminescence. « Magnétisme et luminescence sont les pro-

priété ciblés des terres rares. Nous montrons par nos études qu'une seule et même molécule peut remplir les deux fonctions », résume Fabrice Pointillart.

Des résultats à - 269 °C

Ces travaux ont été possibles grâce à deux machines imposantes qui mesurent les propriétés physico-chimiques d'un échantillon à des températures et des champs magnétiques variables. « Avoir ces deux appareils dans le même laboratoire est une chance unique en France, précise Olivier Cador. Le premier descend à - 268,95 °C (4,2 K) grâce à l'utilisation de l'hélium 4 (communément appelé hélium liquide). Dans le deuxième, nous avons de l'hélium 3 pour atteindre - 269,95 °C. La différence paraît minime mais à l'échelle quantique, elle est très importante ! » Quant au champ magnétique, il peut varier de - 14 à 14 Tesla (pour comparaison, le bouclier terrestre est de l'ordre de 10⁻⁵ T).

Après six années de recherche, l'équipe a obtenu des résultats prometteurs. Mais il reste des verrous à lever pour augmenter la température. Quelques paliers à franchir avant que de telles molécules puissent être incorporées à l'ordinateur de demain !

KLH

⁽¹⁾Magnetic Poles Determinations and Robustness of Memory Effect upon Solubilization in a Dy^{III}-Based Single Ion Magnet", *Journal of the American Chemical Society*, 15 octobre 2013. ⁽²⁾De l'équipe Organométalliques : matériaux et catalyse (OMC), en collaboration avec l'université de Florence (Italie) et l'université de Minas Gerais (Brésil). ⁽³⁾Les lanthanides, utilisés dans de nombreux matériaux émergents tels que les écrans des smartphones. ⁽⁴⁾Tétrathiofulvalène.

CONTACTS

Fabrice Pointillart Tél. 02 23 23 67 52
fabrice.pointillart@univ-rennes1.fr
Olivier Cador Tél. 02 23 23 57 12
olivier.cador@univ-rennes1.fr



Les chercheurs ont mis au point une molécule qui possède un effet mémoire, même en solution.

© KLERVI L'HOSTIS



LA CYBERSÉCURITÉ

LE NOUVEAU PÔLE D'EXCELLENCE DE CYBERDÉFENSE CONFIRME LE **LEADERSHIP BRETON** EN MATIÈRE DE CYBERSÉCURITÉ.

Achats en ligne, consultations de son compte bancaire ou de sécurité sociale..., la cybersécurité est devenue une question omniprésente. Définie par l'Agence nationale de la sécurité des systèmes d'informations (Anssi) comme un "état recherché pour un système d'informations lui permettant de résister à des événements issus du cyberspace susceptibles de compromettre la disponibilité, l'intégrité ou la confidentialité des données stockées, traitées ou transmises", elle est de haute importance pour les particuliers que nous sommes, mais aussi, à plus grande

La cybersécurité est de haute importance pour les particuliers que nous sommes, mais aussi, à plus grande échelle, pour la France.

échelle, pour la France (cyberdéfense, lire p. 13). Le Livre blanc⁽¹⁾ sur la Défense et la sécurité nationale de 2013 lui consacre un volet spécifique. Il appelle à la fois à protéger les systèmes d'informations contre les attaques informatiques, à "soutenir des compétences scientifiques et technologiques performantes", à "produire en toute autonomie des dispositifs de sécurité" nationaux, à renforcer les "moyens humains consacrés à la lutte contre la cybermenace" et à se doter d'une "capacité informatique

offensive". Cette stratégie vise à garantir la souveraineté nationale en matière de systèmes d'informations, mais également à protéger l'économie française, qui compte de nombreux acteurs des nouvelles technologies.

Des compétences historiques

Historiquement, la Bretagne et plus particulièrement le bassin rennais ont vu se développer les compétences du ministère de la Défense, dans le domaine de la formation avec l'École des transmissions (ETRS, ex-Ésat) - qui a fêté ses 40 ans l'an passé et anime un Club des partenaires de cybersécurité (lire p.12-13) - ou de l'expertise technique en cybersécurité, avec l'établissement



P. 14

Dans les arcanes de la sécurité

© ALEXANDR MITIUC - FOTOLIA.COM



P. 15

La Défense en première ligne

© DR



P. 18

Les points juridiques à résoudre

© PIXSOOZ - FOTOLIA.COM

SECURITE DÉCRYPTÉE

Maîtrise de l'information de la Direction générale de l'armement (ex-Celar). Créée à Bruz dans les années soixante, cette entité joue un rôle clé dans la recherche en matière de cybersécurité (lire p. 15). Et pour répondre aux exigences du Livre blanc sur la Défense et la sécurité nationale, la DGA Maîtrise de l'information poursuit le recrutement d'ingénieurs de très haut niveau, spécialisés dans l'analyse et la prévention des attaques informatiques. À terme, le site de Bruz comptera ainsi plus de 400 experts "cyber" (contre 250 aujourd'hui). Plus largement, la montée en puissance de la DGA en matière de cyberdéfense se traduit par le renforcement de la recherche amont et un soutien accru aux PME et aux laboratoires de recherche qui interviennent dans ce domaine, avec le triplement du budget de R&T correspondant. La DGA participe activement à l'animation d'une filière

Un leadership européen pour la France

La France, qui détient avec la Grande-Bretagne 50 % des capacités militaires européennes, pourrait devenir la première puissance en cyberdéfense du vieux continent d'ici à 2019. Le plan Défense Cyber, confirmé par Jean-Yves Le Drian, ministre de la Défense, au Forum international de la cybersécurité de Lille, le 21 janvier, vise à se doter des capacités nécessaires

à cet enjeu stratégique « entièrement nouveau, que nous commençons seulement à appréhender et dont les règles, les techniques, les rapports de forces doivent encore largement être explorés ou inventés », a-t-il expliqué. Le Royaume-Uni, qui a préféré confier à des opérateurs privés la lutte contre les cyberattaques, ne serait pas, selon nos informations, en capacité de faire jeu égal avec la

France. « Le sujet de la cybersécurité, qui semblait jusqu'ici réservé à une petite communauté d'initiés, s'est élevé en France au rang de priorité nationale. Il touche à des questions aussi fondamentales que notre sécurité, notre autonomie d'appréciation, de décision et d'action - en un mot, à l'essence de notre souveraineté », a souligné le ministre.

RB

d'excellence cyber tant sur le plan de la formation supérieure que sur celui du développement des entreprises françaises innovantes.

De ce côté, la Bretagne n'est pas non plus en reste : elle compte cinq cents entreprises dans le secteur de la Défense dont cent quatre-vingts dans les technologies de l'information et de la communication. « Il y a parmi elles des acteurs importants comme Orange ou Alcatel-Lucent, et une cinquantaine de PME très spécialisées en cybersécurité²⁰ qui peuvent recruter du personnel issu des excellentes écoles de la région », décrit Yanne Courcoux, déléguée générale de la Meito²¹, une association régionale de promotion des Tic et des technologies duales (civiles et militaires).

Des grands groupes et des PME

Comment construire une application d'esanté sans sécurisation des données ? Quel déploiement pour les compteurs intelligents Linky sans fiabilité des systèmes d'échanges d'informations ? « La sécurité des contenus, le management de l'identité numérique, la biométrie, la sécurité des paiements constitueront des marchés importants à l'avenir », souligne-t-elle. Grâce à son travail de médiation entre laboratoires, grands groupes et financeurs, la Meito a réussi à faire naître de nombreux projets en Bretagne. Elle vient d'ailleurs de réaliser un état des lieux de tous les acteurs de ce secteur, du composant électronique aux applications numériques, en passant par les infrastructures réseaux. Cette étude sera présentée, sous forme cartographique, lors de la prochaine assem-

blée générale de l'association, le 19 mars prochain.

La richesse des structures de recherche, la présence de nombreuses entreprises spécialisées donnent à la Bretagne une longueur d'avance et en font le pôle le plus important en France en matière de cybersécurité. Ces forces régionales sont reconnues et vont même être stimulées : le 21 janvier dernier, le ministre de la Défense Jean-Yves Le Drian a en effet annoncé la création du Pôle d'excellence cyberdéfense, dans le cadre d'un plan éponyme.

Pour la Défense et la communauté civile

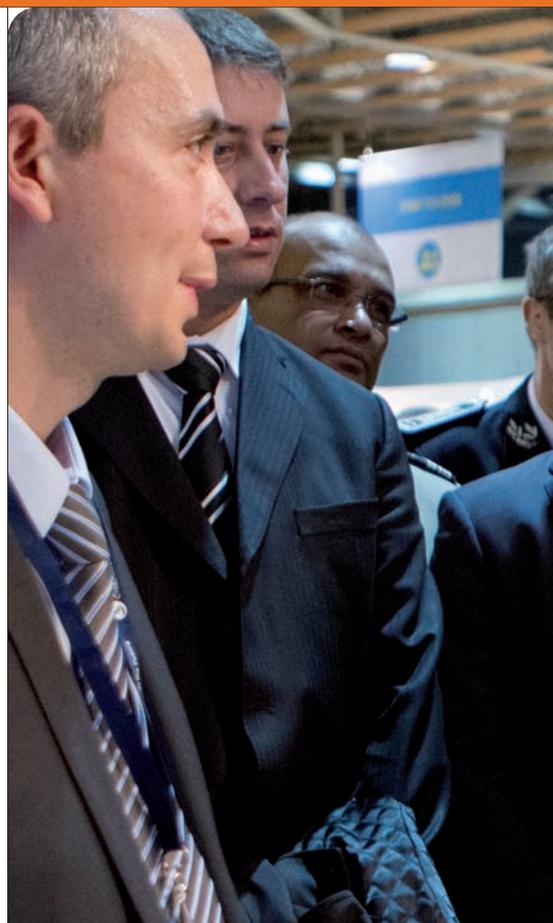
L'enjeu est de fédérer l'ensemble des structures et des acteurs de ce secteur pour qu'ils puissent partager une vision commune en termes de formation, de recherche et d'activité tant pour les besoins de la Défense que pour ceux de la communauté civile. Les détails de ce plan seront connus dans les jours qui viennent. Mais son ancrage en Bretagne est de bon augure.

RAPHAËL BALDOS/NATHALIE BLANC

²⁰Présenté par le président de la République le 29 avril 2013. www.defense.gouv.fr/actualites/articles/livre-blanc-2013. ²¹Lire p. 16 et 17. ²²Mission pour l'électronique, l'informatique et les télécommunications de l'Ouest.

CONTACTS

Paul-André Pincemin
paul-andre.pincemin@intradef.gouv.fr
Yanne Courcoux Tél. 02 99 84 85 00
y.courcoux@meito.com



Jean-Yves Le Drian, ministre de la Défense, écoute des experts de la Direction générale des armées (DGA) devant une démonstration illustrant la menace sur un automate de type industriel, lors du 6^e Forum international de la cybersécurité (Fic) qui s'est déroulé les 21 et 22 janvier à Lille. C'est lors de ce salon qu'il a annoncé la création du Pôle d'excellence cyberdéfense (lire ci-contre).

© R.SENOUISSI@DICOD

DES FORMATIONS SUR MESURE

LA PREMIÈRE ÉCOLE D'INGÉNIEURS EN CYBERSÉCURITÉ A OUVERT À VANNES. ELLE COMPLÈTE L'OFFRE DE CE SECTEUR EN PLEIN ESSOR.

La SNCF, Areva, Orange ou la Direction générale de l'armement (DGA) peinent à recruter des ingénieurs capables d'assurer la sécurité de leurs infrastructures contre les cyberattaques. Pour répondre à ce besoin en personnel qualifié, l'École nationale supérieure d'ingénieurs de Bretagne Sud (Ensibs) a créé la première formation d'ingénieurs en cyberdéfense habilitée par la Commission des titres d'ingénieur. Hébergée à Vannes, au sein de l'Université de Bretagne-Sud (UBS), cette nouvelle filière en alternance a ouvert ses portes en septembre dernier. « Nous avons reçu plus de deux cents candidatures pour vingt-six places », se réjouit Charles Préaux, directeur de cette école unique en Europe. Ancien du ministère de la Défense, il a pu mesurer la difficulté de recruter des ingénieurs formés

à la cybersécurité. « Nous devons les former sur le terrain, car il faut maîtriser des connaissances pluridisciplinaires pour appréhender des attaques systémiques faisant appel à l'informatique », explique-t-il.

Mille postes par an à pourvoir

Recrutés sur concours (Polytech) ou sur dossier suivi d'un oral, les candidats subissent un test de personnalité pour déterminer leurs capacités psychologiques et leur éthique. « Il s'agit de recruter des personnalités équilibrées, ouvertes d'esprit et ayant les pieds sur terre. Il ne faudrait pas qu'une fois formés ils puissent passer à l'offensive contre nous », remarque Charles Préaux. Puis, les futurs ingénieurs sont régulièrement soumis à des tests de résistance ou d'intensité croissante. Lors de leur troisième année, ils

devront même, pendant deux semaines, jour et nuit, répondre à des scénarios d'attaques d'infrastructures vitales dans un centre de gestion de crise installé à l'Ensibs. Mais une fois diplômés, ces ingénieurs n'auront aucune difficulté à trouver un emploi : plus de mille postes par an sont à pourvoir.

Côté recherche, l'Ensibs participe à plusieurs programmes sur la sécurité des composants électroniques avec le Lab-Stic de Lorient et sur la sécurité numérique avec l'Irisa de Rennes. « Nous participerons aussi à des programmes de recherche internationaux sur la sécurité globale et d'autres thématiques ciblées, comme la cryptologie, qui ont besoin d'ingénieurs pour se développer », précise Charles Préaux, également membre du Club des partenaires de cybersécurité, créé en juin dernier à Rennes. Cet organisme, piloté par



COMPRENDRE

Cybervocabulaire

le général Yves-Tristan Boissan, commandant de l'École des transmissions (ETRS), est né du constat de besoins communs en formation de la Défense et des entreprises civiles. « *Le but initial est de réunir un certain nombre d'acteurs et de réaliser une cartographie des formations existantes* », explique le général Boissan. Parmi les acteurs identifiés, on trouve Supélec et Télécom Bretagne qui, depuis 2002, proposent un master spécialisé cybersécurité en formation continue. De son côté, l'école de Saint-Cyr Coëtquidan envisage d'ouvrir à la rentrée 2015 un master similaire dédié à la gestion de crise. Le Club des partenaires de sécurité réfléchit aussi à la création d'un IUT. Et imagine même venir parler cybersécurité dans les écoles primaires. La sécurisation des données n'attend pas le nombre des années !

RB

CONTACTS

Charles Préaux Tél. 06 99 97 07 23
charles.preaux@univ-ubs.fr

Guillaume Piolle Tél. 02 99 84 45 52
guillaume.piolle@supélec.fr

Le préfixe "cyber" est utilisé de façon exagérée : cyberspace, cybersécurité, cyberattaque... En grec, il signifie "compétent pour tenir le gouvernail". Mais depuis l'avènement de l'internet, cyber désigne ce qui relève de la virtualité.

Cyberspace

Le **cyberspace** est ainsi l'espace de communication constitué par l'interconnexion mondiale d'équipements de traitement automatisé de données numériques.

Cybersécurité

La **cybersécurité** est l'état recherché pour un système d'informations lui permettant de résister à des événements issus du cyberspace et susceptibles de compromettre son fonctionnement et/ou l'intégrité des données traitées.

Cyberdéfense

La **cyberdéfense** concerne l'ensemble des mesures techniques et non techniques permettant à un État de défendre, dans le cyberspace, les systèmes d'informations jugés essentiels comme l'énergie, les transports, la santé.

Cyberattaque

Une **cyberattaque** est une action volontaire, offensive ou malveillante, menée à travers le cyberspace et destinée à provoquer un dommage aux informations ou aux systèmes de traitement de ces données.

RB

DANS LES ARCANES DE LA SÉCURITÉ

DANS LES LABORATOIRES BRETONS, LES CHERCHEURS CONÇOIVENT DES LOGICIELS DÉDIÉS À LA SÉCURITÉ POUR DES DOMAINES VARIÉS.

Qui n'a jamais utilisé un téléphone ou un ordinateur portable personnel pour se connecter au réseau du bureau ? Anodin pour le détenteur de l'objet communicant, ce geste peut devenir un vrai casse-tête pour les personnes responsables de la sécurité des cyberspaces. « Les défis à relever en termes de sécurité viennent moins des types de systèmes de communications - qui se ressemblent plus ou moins -, que des progrès réalisés par les attaquants et des contextes d'utilisation, explique Ludovic Mé, responsable de l'équipe Cidre⁽¹⁾ à Supélec Rennes. Et sur ce point, nous sommes bien servis par le comportement du grand public. » Mais l'équation n'est pas simple. Car assurer la sécurité passe par la combinaison d'une bonne protection (gestion du contrôle d'accès et de la confiance, mise en place des systèmes d'authentification, protection de la vie privée), de la détection des intrusions et de la réaction à ces éventuelles intrusions.

Cela dépend de l'utilisation

À part un téléphone fabriqué spécifiquement par Thales pour l'État et un modèle Android "endurci", les appareils (ordinateurs ou téléphones) achetés dans le commerce ne sont pas très sécurisés. Les éléments de sécurité, plus ou moins contraignants, sont ajoutés dans un deuxième temps et dépendent de l'utilisation. Sur un ordinateur familial, le système de sécurité devra se débrouiller seul, alors que dans un réseau professionnel il sera géré par un administrateur. « Nous concevons des logiciels qui ont vocation à être ensuite installés sur les machines par les intégrateurs. Et depuis quelque temps, nous descendons de plus en plus au cœur de la machine, poursuit Ludovic Mé. Jusqu'au niveau des logiciels embarqués et du firmware⁽²⁾. » L'équipe Cidre se concentre sur trois domaines en particulier : celui de la gestion de la confiance, qui consiste à établir, gérer, évaluer le risque de la communication entre deux machines ; la détection des intrusions ; la protection des données personnelles et de la vie privée. « Nous avons, par exemple, conçu un mécanisme de routage anonyme qui permet non pas de chiffrer la communication, mais de cacher l'émetteur et le récepteur d'un échange dans le réseau ad hoc⁽³⁾ », illustre le chercheur.

Finis les châteaux forts !

À quelques centaines de mètres de là, dans les locaux de Télécom Bretagne, Nora et Frédéric Cuppens conçoivent aussi des logiciels avec l'idée de faire le lien entre la protection



Les éléments de sécurité sont de plus en plus installés au cœur des machines.

© ALEXANDR MITIUC - FOTOLIA.COM

et la détection des intrusions. « Cela peut paraître étrange, mais ces deux composantes ne se "parlent" pas directement, explique Frédéric Cuppens, responsable de l'équipe Sfiis⁽⁴⁾. C'est l'action d'un administrateur de sécurité qui détecte l'intrusion et donne l'alerte pour engager la protection. Cela s'explique par le fait que, jusqu'aux années 2010, les systèmes étaient centralisés. Mais cette vision de châteaux forts avec une gestion humaine n'est plus réaliste dans le contexte de complexité où nous sommes. » Rien qu'une banque, c'est un réseau avec plus de mille firewalls ! Et n'importe quelle PME peut aujourd'hui disposer de serveurs externalisés, hébergés dans un système de cloud computing.

Trois niveaux de réaction

« Nous avons donc imaginé un système global, capable de surveiller et de réagir de façon adaptée. Il reste quelques points à travailler du côté de la détection car les solutions actuelles n'atteignent pas encore un niveau de fiabilité de 100 %, notamment à cause des fausses alarmes. » Côté réaction, plusieurs niveaux sont prévus : un niveau réflexe, un niveau tactique qui peut anticiper la prochaine attaque et un niveau stratégique, à déployer sur du plus long terme. Viennent ensuite les étapes automatisées de décision et de mise en œuvre de cette décision. Des mesures de gestion des risques sont aussi réalisées à chaque palier. Le fruit de ces recherches, débutées en 2006, devrait se concrétiser cette année par le début de la commercialisation

du système. « Nous avons tous les éléments pour faire la boucle », conclut Nora Cuppens.

Les deux laboratoires rennais travaillent aussi bien avec des PME locales que des grands groupes, dans les domaines militaires ou civils, sur des réseaux informatiques ou téléphoniques. L'équipe Cidre traite en ce moment une dizaine de sujets dans le cadre d'appels à projets régionaux (Labex Comin Labs⁽⁵⁾, Région Bretagne), nationaux (ANR⁽⁶⁾) ou européens et coencadre des thèses avec des industriels⁽⁷⁾.

Tout comme Télécom Bretagne, qui vient même de créer deux laboratoires de recherche communs. Monté avec Cassidian (groupe Airbus), le premier est dédié à la cybersécurité et va répondre à des besoins de défense. Le second traite de la compression sécurisée des contenus multimédias en collaboration avec une PME rennaise Secure-IC (lire p. 16) et la société américaine Doremi. La sécurité est un thème universel.

NATHALIE BLANC

⁽¹⁾Cidre (Confidentialité, intégrité, disponibilité et répartition) est un laboratoire qui réunit les compétences de douze chercheurs et enseignants-chercheurs issus du CNRS, d'Inria, de l'Université de Rennes 1 et de Supélec. ⁽²⁾Micrologiciel intégré à l'ordinateur. Intermédiaire entre software (logiciels) et hardware (matériel informatique). ⁽³⁾Réseau dans lequel le message se propage de proche en proche. ⁽⁴⁾Sécurité, fiabilité, intégrité de l'information et des systèmes. ⁽⁵⁾Laboratoire d'excellence du grand Ouest dédié aux sciences de l'information et de la communication. ⁽⁶⁾Agence nationale de la recherche. ⁽⁷⁾Thèse Cifre : convention industrielle de formation par la recherche.

CONTACTS

Ludovic Mé Tél. 02 99 84 45 00
ludovic.me@supélec.fr

Frédéric Cuppens Tél. 02 99 12 70 31
frederic.cuppens@telecom-bretagne.eu

LA DÉFENSE EN PREMIÈRE LIGNE

À BRUZ, **LES EXPERTS DE LA DÉFENSE** PLANCHENT SUR LA CYBERSÉCURITÉ AVEC LES ACTEURS ACADÉMIQUES ET INDUSTRIELS LOCAUX.

Le ministère de la Défense et plus particulièrement l'établissement Maîtrise de l'information de la Direction générale de l'armement, basé à Bruz, sont, on s'en doute, aux avant-postes quand il est question de cybersécurité. Même si la sécurité des systèmes d'informations est une préoccupation de longue date pour les militaires, le développement d'Internet et des réseaux informatiques a en effet changé la donne. Même isolé en plein milieu d'un océan, un navire de surface reste relié à la terre par des fils invisibles : les cyberréseaux.

Dans un monde hyperconnecté

« Ces connexions sont indispensables pour communiquer, recevoir le signal GPS... et, même si le bateau n'est pas relié à Internet, il y a toujours des mises à jour à faire sur les équipements. Ces phases de maintenance pourraient constituer des voies d'entrée potentielles pour des attaques, explique Frédéric Valette, chef de la division sécurité des systèmes d'informations à DGA Maîtrise de l'information. Non seulement l'accès devient plus facile dans un monde hyperconnecté, mais les connaissances deviennent aussi plus accessibles car les systèmes sont constitués, au moins en partie, de composants industriels que l'on trouve dans le commerce. Notre rôle à DGA Maîtrise de l'information c'est d'envisager le pire pour

être certains que nos systèmes d'armes sont bien sécurisés. Et c'est bien le cas, ils le sont ! », affirme Frédéric Valette.

Utilisées, notamment pour des raisons de coûts, les solutions du commerce sont ainsi sécurisées avec des "surcouches" spécifiques. La DGA développe aussi des briques de sécurité maîtrisées, spécifiques à ses activités régaliennes. Toute la chaîne de la sécurité est concernée (composants électroniques, logiciels, protocoles d'interaction) et les recherches sont menées en collaboration avec des partenaires académiques et industriels, souvent installés à Rennes et aux alentours⁽¹⁾. Des travaux très théoriques sur la cryptographie sont, par exemple, réalisés par une équipe de chercheurs associés DGA Maîtrise de l'information/Institut de recherche mathématique de Rennes⁽²⁾.

Cloisonner les architectures

L'établissement rennais de la DGA anime aussi le développement d'une filière de PME innovantes dans le domaine cyber : « Avec des grands industriels comme Thales, nous développons des composants sécurisés que nous évaluons ensuite grâce à des outils qui sont, par exemple, fournis par la PME locale Secure IC⁽³⁾ ou par un laboratoire universitaire de Montpellier, le Lirmm⁽⁴⁾, poursuit Frédéric Valette. À un niveau plus global, nous cherchons à cloisonner l'architecture de systèmes informa-

tiques complexes, de façon à circonscrire les attaques. » Le navire est toujours un bon exemple, car il comporte trois systèmes bien distincts : la communication, la navigation et le combat, qui communiquent entre eux. Mais on comprend l'intérêt de les isoler suffisamment pour qu'une attaque survenant dans le système communication ne puisse venir interférer sur les deux autres. D'autant qu'un navire moderne peut contenir plusieurs... centaines de systèmes d'informations !

Une carte à puce née dans le civil

Outils de combats mis à part, les solutions développées par la DGA dans ses différents partenariats peuvent s'appliquer au domaine civil. « C'est le rapport coût/niveau de sécurité requis qui change. » Parfois, les enrichissements se font dans l'autre sens, comme la carte à puce. Mise au point dans le domaine civil, elle est utilisée aujourd'hui dans le domaine militaire comme support fiable d'authentification.

NB

⁽¹⁾Irisa, Supélec Rennes, Ensta ParisTech Bretagne, Télécom Bretagne...

⁽²⁾Irmar : UMR CNRS 6625, Université de Rennes 1, ENS Rennes, Insa de Rennes. ⁽³⁾Lire p. 17. ⁽⁴⁾Laboratoire d'informatique, de robotique et de microélectronique de Montpellier.

CONTACT

Damien Bégoç Tél. 02 99 42 90 11
damien.begoc@intradef.gouv.fr



Connectés, les navires militaires de surface peuvent être des cibles potentielles de cyberattaques.

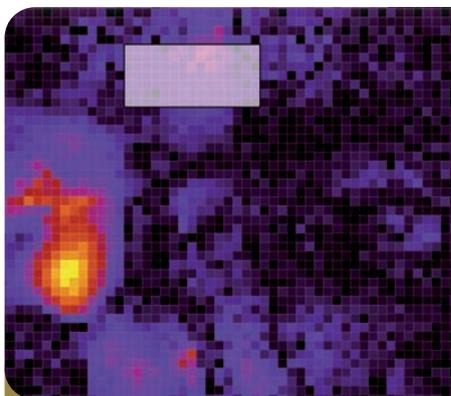
© DR

LES PUCES CONTRE-ATTAQUENT !

FABRIQUER DES **COMPOSANTS ÉLECTRONIQUES SANS FAILLES**, TEL EST LE CŒUR DE MÉTIER DE LA JEUNE ENTREPRISE SECURE-IC.

A quoi bon sécuriser les réseaux si, en bout de chaîne, l'appareil sur lequel arrivent ou transitent les informations n'est pas sûr ? « Un vrai système de sécurité s'établit de château fort à château fort, c'est-à-dire des lieux sûrs où des secrets peuvent être partagés », pose Philippe Nguyen, directeur technique de Secure-IC, une jeune entreprise créée en 2010 par des chercheurs de Télécom ParisTech et installée à Rennes, à deux pas de Télécom Bretagne. Une carte à puce ou tout autre composant électronique peut faire office de château fort. « Tout simplement parce qu'ils sont petits et qu'on ne peut pas lire à l'œil nu, ni par un moyen simple, les informations qu'ils contiennent. » Mais ils sont quand même vulnérables : mise sous tension, soumission à un champ magnétique anormal, secouage..., dans le monde cyber, les attaques peuvent aussi être physiques ! « On appelle cela l'injection de fautes, poursuit Philippe Nguyen. Les perturbations sur les composants engendrent des fautes et très rapidement, au bout de deux ou trois erreurs seulement, il devient possible de reconstituer la clé cryptographique qui permet de remonter jusqu'aux informations que l'on voulait protéger. »

Secure-IC a fait de la sécurité physique des composants sa spécialité. Elle dessine des composants extrêmement robustes pour des



Observation des émanations électromagnétiques d'une puce de quelques millimètres, à l'aide de l'outil développé par Secure-IC. Les zones actives (en jaune et orange) sont repérables rapidement. C'est là que l'on peut écouter l'activité de la puce (à son insu) avec une antenne, ou pointer un laser pour l'attaquer par injection de fautes.

© SECURE-IC

clients qui les font ensuite fabriquer (on dit "fondre") aux quatre coins de la planète.

Évaluer le temps de piratage

« Nous nous intéressons également à l'évaluation de la sécurité des composants. Nous avons, par exemple, mis au point de nouveaux concepts de métrologie pour évaluer le temps de piratage d'un composant, sans avoir à passer ce temps et sans le faire réellement. » Ce système d'analyse a été récompensé à la fin de 2013 au Salon international des cartes à puces. Autre innovation marquante et ori-

ginalité mondiale : Secure-IC est capable de poser un diagnostic uniquement à partir du dessin du composant, ce qui facilite les échanges. Une donnée non négligeable sachant que l'entreprise réalise 80 % de son chiffre d'affaires à l'étranger sur des composants notamment utilisés pour réaliser des passeports et des cartes d'identité.

NATHALIE BLANC

CONTACT

Philippe Nguyen Tél. 02 99 12 18 72
philippe.nguyen@secure-ic.com

SIMULER LA SÉCURITÉ INDUSTRIELLE

DIATEAM ÉLABORE DES LOGICIELS POUR TESTER ET SIMULER LA SÉCURITÉ DES SYSTÈMES D'INFORMATIONS ET DE **CONTRÔLES CRITIQUES**.

Polluer un réservoir d'eau potable et ne rien laisser paraître sur les systèmes de contrôles, est-ce possible ? Pour répondre à ce type de questions et tester la fiabilité des systèmes d'informations et des réseaux de supervision de contrôle et d'acquisition de données (Scada), la société Diateam a développé des outils. Le logiciel mis au point fait office de « paillasse virtuelle », comme l'explique Guillaume Prigent, le directeur technique. Cette plateforme, nommée hynesim (hybrid network simulation) permet de simuler et virtualiser des systèmes d'informations (liaisons satellite, serveurs, machines, switch, hub, câbles réseaux...) et ainsi de tester de façon réaliste des scénarios d'attaque/défense ou de s'entraîner à répondre en cas de crise. Elle évite

surtout d'avoir à effectuer ces tests sur de vrais systèmes, en production !

Applications industrielles visées

La plate-forme hynesim s'adresse autant au ministère de la Défense (pour qui travaille Diateam) qu'à des sociétés privées ou des groupes industriels. « La cybersécurité et particulièrement celle des systèmes industriels est une priorité ; il est temps que cela devienne une réalité, commente ce spécialiste de la question. Aujourd'hui il n'existe pas de système pour virtualiser des équipements industriels. » Tester les systèmes de contrôle et de commande de centrales nucléaires, de châteaux d'eau, du trafic ferroviaire... paraît en effet pertinent et faisable.

MICHÈLE LE GOFF



La plate-forme hynesim (en fonctionnement sur l'ordinateur) peut être connectée à un équipement réel, ici un automate de station de production d'eau potable, installé dans une valise pour la démonstration.

© DR

CONTACT

Guillaume Prigent Tél. 02 98 05 00 50
guillaume.prigent@diateam.net

ENTRÉE EN JEU DE LA BIOMÉTRIE

L'ENTREPRISE TAZTAG PROPOSE DES **TECHNIQUES D'AUTHENTIFICATION BIOMÉTRIQUE** SIMPLES ET ADAPTABLES À DIFFÉRENTS DOMAINES.

Dans le processus global de sécurité, la dernière brique se situe "entre la chaise et le clavier" : c'est l'utilisateur ! Parfois, celui-ci doit pouvoir être authentifié de manière forte. « *La seule chose qui ne peut pas être empruntée à quelqu'un est sa biométrie* », explique Ismail Sabry, directeur R&D chez TazTag, entreprise basée sur le campus de Ker Lann à Bruz (près de Rennes). L'entreprise s'est fait connaître en mettant au point des produits communicants sans contact⁽¹⁾, comme les modules de paiement, auxquels elle a vite ajouté un système d'authentification biométrique original⁽²⁾.

Payer avec son empreinte

Le détenteur de l'objet sur lequel a été enregistrée l'empreinte biométrique (carte de paiement, carte d'accès, téléphone, portables...) a juste à poser son doigt sur le capteur biométrique qui communique alors avec l'objet resté dans le sac ou le vêtement de l'utilisateur (technologie NFC) et déclenche le paiement, ou l'accès à une zone... C'est le couple, empreinte/objet qui est garant de la sécurité. L'objet seul ne fonctionne pas. « *De cette façon, l'utilisateur garde avec lui ses données biométriques. Il n'y a donc pas de problème de centralisation des données personnelles, qui est un point surveillé de près en Europe par les Cnil⁽³⁾* », précise Ismail Sabry.

La technologie a été testée par Auchan en septembre 2013 dans deux galeries commerciales à Lille et Angoulême, avec 1 500 personnes consentantes. Pour sécuriser le paiement bien sûr, mais aussi pour fluidifier l'opération : elle s'effectue en moins de trois secondes ! Dans un autre domaine, les CHU de Caen et Montpellier expérimentent l'utilisation d'une tablette tactile qui, associée à un lit, permet au patient d'avoir accès à certains services (téléphonie, journaux en



TazTag met au point des outils sécurisés, comme cette tablette. Ses clients imaginent ensuite les applications.

© DR

ligne...) et au personnel soignant de consulter le dossier médical, avec des différences d'accès selon les fonctions (infirmières, médecins...). Les administrations, elles, sont intéressées par l'authentification des papiers d'identité, notamment dans les pays où ils sont couramment falsifiés. Tandis que l'Inde a choisi de commencer son recensement avec des moyens biométriques. « *Dans ce domaine, la biométrie n'est pas encore beaucoup utilisée en France ni en Europe car les administrations fonctionnent correctement*, reprend Ismail Sabry. *Ce qui est plutôt positif pour les citoyens ! Nous travaillons plus avec le*

continent américain, l'Afrique et le Moyen-Orient. Mais nous nous contentons de fournir la brique sécurité à nos clients qui inventent ensuite les applications. » TazTag travaille aussi sur le comportement des utilisateurs, pour que le niveau de sécurité requis soit en phase avec sa mise en œuvre. Ouvrir une porte doit rester un acte simple !

NB

⁽¹⁾ Selon la technologie NFC (Near Field Communication). Lire *Sciences Ouest* n° 262 - février 2009. ⁽²⁾ Lire *Sciences Ouest* n° 296 - mars 2012. ⁽³⁾ Commissions nationales de l'informatique et des libertés.

CONTACT

Ismail Sabry Tél. 02 99 57 90 60
is@taztag.com

COMPRENDRE

L'authentification par biométrie

L'authentification de l'empreinte digitale est la mesure biométrique la plus employée dans le monde. Une quinzaine de points caractéristiques (les minuties) correctement localisés permettent d'identifier une empreinte parmi des millions. Relativement stable, l'empreinte digitale peut quand même subir des altérations : brûlures, vieillesse... Et chez 0,2 % de la population, la

technique s'avère inexploitable.

La reconnaissance de l'iris est plus fiable, car l'iris ne s'altère pas avec le temps. Souvent mise en scène dans les films et séries télévisées pour son côté plus futuriste, la technique est bien opérationnelle, mais est plus difficile à mettre en œuvre que la mesure de l'empreinte digitale : l'iris est petit, bouge, sa taille varie, son accès peut être

gêné par les cils... Et aussi, l'acceptabilité de cette mesure n'est pas toujours bien perçue par les gens. De même que la reconnaissance veinale du doigt, qui nécessite de mettre ce dernier dans un "trou". L'authentification du réseau des veines de la paume de la main se répand par contre au Japon.

NB

LES POINTS JURIDIQUES À RÉSOUDRE

LE DROIT DOIT PERMETTRE DE LUTTER CONTRE LES CYBERATTQUES ET DE **PROTÉGER LA VIE PRIVÉE** DES UTILISATEURS.

Pour trouver un fondement juridique à la lutte contre les cyberattaques, il faut s'appuyer sur la loi Godfrain de... 1988. À cette époque, Internet n'existait pas encore ! Cela n'a pas empêché cette loi, reprise dans le nouveau code pénal de 1994, d'être largement utilisée par les juges pour lutter contre toutes les intrusions, qu'il s'agisse du Web, de la téléphonie mobile ou du réseau des cartes bancaires. Elle définit l'intrusion comme le "fait d'accéder ou de se maintenir, frauduleusement, dans tout ou partie d'un système de traitement automatisé de données".

Dans un contexte international

Cet arsenal juridique paraît aujourd'hui bien dérisoire face à la haute technicité des cyberattaques, qui proviennent souvent de pays étrangers, et donc de systèmes juridiques différents. « *Les intrusions sont toujours liées au monde réel : elles passent par des serveurs installés dans un ou plusieurs pays, observe M^e Vincent Corlau, avocat spécialisé en cybersécurité, et professeur à l'Insa de Rennes. Le problème, c'est que si le serveur est aux États-Unis et l'attaquant en Afghanistan, le vieux système juridique ne permet pas d'apporter une réponse efficace. L'État afghan peut dire que c'est son droit qui s'applique, puisque l'auteur de l'attaque est sur son sol. Mais les États-Unis peuvent aussi revendiquer l'application de leur législation, puisque les données attaquées sont sur un serveur américain. Dès qu'on sort d'une zone juridiquement homogène, on a donc un conflit de lois et de juridictions.* » Or, la plupart des attaques actuelles viennent de Chine, de Corée ou des États-Unis. Face à l'impossibilité d'obtenir une réponse judiciaire, faudrait-il avoir recours à la "légitime défense informatique" ? Si les outils existent pour arrêter une intrusion, leur base juridique est



aujourd'hui inexistante. Seuls des traités de coopération judiciaire pourraient permettre aux autorités d'un pays d'intervenir sur un serveur hostile hébergé dans un pays tiers. La loi de programmation militaire sur la cybersécurité des Opérateurs d'importance vitale (OIV), actuellement en discussion au Parlement, ne fournit une solution juridique qu'aux cyberattaques... franco-françaises. « *Une sorte de guide pour une ligne Maginot cybernétique* », commente M^e Corlau.

Le respect de la vie privée

Le droit pourrait en revanche réussir à résoudre un autre enjeu de la cybersécurité : le respect de la vie privée. Si la législation exige le collectage de certaines données sur les utilisateurs pour assurer la protection des infrastructures, elle impose aussi certaines limites. « *Le responsable du système d'informations a l'obligation de respecter la vie privée des*

utilisateurs mais également celle de l'attaquant, qui conserve ses libertés fondamentales, note Guillaume Piolle, chercheur à Supélec⁽¹⁾. Cet équilibre est-il bien mesuré et justifié ? Les informaticiens, les juristes et les sociologues remettent de plus en plus en question cette opposition entre "sécurité" et "vie privée" et recherchent d'autres moyens d'articuler les deux notions, de manière à assurer un niveau de sécurité satisfaisant pour la société ou le système informatique sans faire de compromis sur la vie privée des individus. » Il participe, avec des juristes, des informaticiens et des sociologues, à plusieurs projets pluridisciplinaires sur cette question.

RAPHAËL BALDOS

⁽¹⁾De l'équipe Cidre, lire p. 14.

CONTACTS

Vincent Corlau Tél. 02 99 23 65 10
vincentcorlau@orange.fr

Yves-Tristan Boissan Tél. 02 99 84 32 00
yves.tristan.boissan@intradef.gouv.fr

sciences ouest POUR EN SAVOIR PLUS

À ÉCOUTER

LE RESPONSABLE DE LA FORMATION DE VANNES

● L'interview de Charles Préaux, professeur à l'Université de Bretagne-Sud et directeur de la nouvelle formation d'ingénieurs en cyberdéfense, réalisée par Technosciences pour l'émission Expert'ease (wikiradio de l'UEB) en octobre 2013.

À réécouter sur <http://wikiradio.ueb.eu>

À SUIVRE

DEUX GRANDS ÉVÉNEMENTS RENNAIS

● Le Symposium sur la sécurité des technologies de l'information et des communications (Sstic) est un rendez-vous francophone qui rassemble chaque année plus de quatre cents personnes pour échanger sur la sécurité informatique. La 12^e édition se déroulera du 4 au 6 juin. Organisées par la DGA-Maîtrise de l'information, les journées C&esar (Computer & Electronics Security Applications Rendez-vous) se tiendront du 24 au 26 novembre et auront pour thème la détection d'intrusions.

Rens. : www.sstic.org/2014/news
www.cesar-conference.org

À LIRE

PRIX DU LIVRE CYBER

● Trois livres ont été primés au Forum international de la cybersécurité qui s'est tenu les 21 et 22 janvier derniers à Lille :

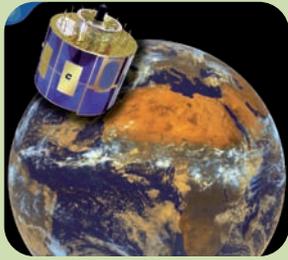
- *Cybertactique - Conduire la guerre numérique* (Bertrand Boyer, Nuvis) ;
- *Agir sur l'e-réputation de l'entreprise* (Benjamin Rosoor, Eyrolles) ;
- *Cybersociété - Entre espoirs et risques* (Myriam Quéméner, L'Harmattan).

Rens. : www.forum-fic.com/2014/fr

CONFÉRENCES

18 FÉVRIER

Les satellites météo veillent 24 h/24



● Les satellites sont devenus, en quelques décennies, des moyens d'observation incontournables pour les besoins de la prévision météorologique, la surveillance de l'environnement, de l'atmosphère et des surfaces maritimes et continentales. Venez découvrir ces images exceptionnelles, expliquées par Sylvain Moal, du Centre de météorologie spatiale (CMS) de Lannion.

20 h 30, salle Hubert-Curien, Les Champs Libres, Rennes - Entrée libre

25 FÉVRIER

De mâle en père. À la recherche de l'instinct paternel

● Pourquoi et comment, au cours de l'évolution, les mâles ont-ils dépassé chez plusieurs espèces le simple rôle de géniteur pour devenir de bons pères de famille ? Venez écouter une captivante histoire naturelle du comportement paternel, racontée par le biologiste Frank Cézilly et illustrée par de nombreux exemples allant des invertébrés jusqu'à l'homme.



20 h 30, salle Hubert-Curien, Les Champs Libres, Rennes - Entrée libre
La conférence sera suivie d'une séance de dédicaces de *De mâle en père. À la recherche de l'instinct paternel* [Buchet-Chastel, 2014]

4 MARS

La vie sous la glace

● La vie existe-t-elle sous la glace ? Apparaissant comme une frontière hostile, la glace cache en réalité une flore et une faune exubérantes. Paul Tréguer, océanographe, Laurent Chauvaud, écologiste marin et Erwan Amice, photographe nous font partager ce monde magique.



20 h 30, salle Hubert-Curien, Les Champs Libres, Rennes - Entrée libre
La conférence sera suivie d'une séance de dédicaces de *La vie sous la glace* [Quae, 2013]

CAFÉ DES SCIENCES

6 MARS

La cybersécurité

● Deux spécialistes rencontrés pour le dossier *Sciences Ouest* (lire pages 10 à 18) nous parleront de cybersécurité et de cyberdéfense.

De 18 h 30 à 19 h 30, café des Champs Libres - Entrée libre

À MORLAIX

21 FÉVRIER

One-maths show !

Et si on parlait des maths ?



● François Sauvageot, agrégé et docteur en mathématiques, démontre, avec humour et sans équation, que les mathématiques sont présentes dans notre quotidien et accessibles à tou(te)s. À partir de mots choisis par le public, il se prête à un échange de savoirs autour de thèmes d'actualité, philosophiques ou décalés, ludiques ou sérieux.

20 h, IUT Morlaix, Amphithéâtre Yves-Laurent - Entrée libre mais réservation conseillée au 02 98 63 85 64



ANIMATION

OH ! LA NATURE

Pourquoi la fourrure de l'ours polaire est si chaude ? Pour affronter le grand froid bien sûr ! Mais savez-vous comment se nourrit une éponge de mer ou quel animal barrit ? Dans un mélange d'images et de puzzles, vos enfants seront ravis de découvrir la faune et son habitat. Puis ils reconnaîtront les cris de certains animaux. D'autres sens seront ensuite mis en éveil : ils devineront à quel végétal appartiennent les odeurs boisées et fruitées. Les apprentis détectives partiront aussi à la recherche des animaux grâce à leurs empreintes. Les animateurs de l'Espace des sciences répondront aux questions de vos petits scientifiques pendant l'animation "Oh ! La nature". Je vous souhaite un bon voyage au cœur du monde naturel !

Rens. : Salle de la Terre, uniquement pendant les vacances scolaires d'hiver et de Pâques, les mardis et jeudis à 10 h 45, pour les 4 à 6 ans, accompagnés d'un adulte. Sur réservation au 02 23 40 66 00.

Ce texte a été rédigé par Diane Morales, élève de troisième au collège Jacques-Brel, Noyal-sur-Vilaine (35).

CONFÉRENCE

HUBERT REEVES NOUS PARLE D'ÉCOLOGIE

Hubert Reeves était présent à l'Espace des sciences le 20 janvier dernier pour l'inauguration du nouveau planétarium dont il est le parrain. Retrouvez la conférence qu'il a animée le lendemain, Là où croît le péril... croît aussi ce qui sauve,



sur : www.espace-sciences.org/conferences/mardis-de-l-espace-des-sciences/rubrique

Pour en savoir plus et s'abonner à nos lettres d'information : www.espace-sciences.org et [@espace_sciences](https://twitter.com/espace_sciences)



3 RAISONS D'ALLER VOIR NEUROSCIENCES

PAR GABRIEL SAUVET, MAIRE ADJOINT CHARGÉ DE LA CULTURE À LA MAIRIE DE VANNES

1. Qu'est-ce que l'intelligence ? Et la conscience ? Sommes-nous plus intelligents qu'il y a trois millions d'années ? Cette manifestation propose de découvrir comment les recherches aujourd'hui menées sur le cerveau nous permettent ou non de répondre à ces questions.

2. Deux expositions originales qui nous interrogent sur les liens qu'entretiennent l'art et l'intelligence artificielle. La première mêle des photographies scientifiques de l'Inserm et des gravures tirées de romans de Jules Verne. La seconde propose de découvrir les automates de Jacques Monestier tels que "La main" (1970), une prothèse alors expérimentée sur plusieurs personnes amputées.

3. Des films en 3D et des conférences. Autant d'approches et d'occasions pour les jeunes et moins jeunes de plonger aux confins de notre cerveau, de son anatomie et de percer quelques-uns des mystères de ses mécanismes.

VANNES (56)

JUSQU'AU 16 MARS
Hôtel de Limur

Entrée libre
Tél. 02 97 01 60 00
www.mairie-vannes.fr

ET AUSSI... COLLOQUES ET CONFÉRENCES

PLOUZANÉ (29)
12 FÉVRIER
Peut-on encore manger du poisson ?

● Par Alette Geistdoerfer, ethnologue, directrice de recherche au CNRS et responsable de la formation CNRS/ Muséum national d'histoire naturelle "Techniques et culture Anthropologie maritime".

15 h 30
Centre Ifremer
Entrée libre et gratuite
Tél. 02 98 22 40 07
www.ifremer.fr/brest

QUIMPER (29)
14 FÉVRIER
Des mammouths et des hommes... de Menez Dregan

● Par Jean-Laurent Monnier, directeur de recherche CNRS, chercheur en archéosciences au CReAAH à l'Université de Rennes 1.

13 h
Salle des conférences des CPGE Brizeux
Entrée libre et gratuite
Tél. 02 98 55 38 47
www.cpga-brizeux.fr/conferences



RENNES (35)
15 FÉVRIER
Portes ouvertes sur les campus rennais

● Vous vous interrogez sur votre avenir ? Vous êtes lycéen, étudiant ou vous envisagez de reprendre des études ? Allez visiter les campus de Rennes, les amphithéâtres, les bibliothèques, les laboratoires, les lieux de vie étudiante...

9 h
Universités de Rennes 1 et 2
Sciences Po Rennes
Tél. 02 23 23 35 35
www.univ-rennes1.fr

VANNES (56)
18 FÉVRIER
Mystères quantiques

● Chats de Schrödinger, lévitation, téléportation... Plongez dans l'univers de la physique quantique avec Julien Bobroff, professeur à l'Université de Paris-Sud, Laboratoire de physique des solides Orsay.

20 h
Campus de Tohannic
Entrée libre
Tél. 02 97 01 70 70
www.univ-ubs.fr

RENNES (35)
18 FÉVRIER
La santé bucco-dentaire : un capital à préserver

● Dans le cadre des Mardis Santé du CHU. Par le Pr Vulcain.

18 h
Hôpital Pontchaillou Amphithéâtre Bretagne
Anne.Lavollee@chu-rennes.fr
www.chu-rennes.fr

LAVAL (53)
27 FÉVRIER
Cerveau, sexe et préjugés

● Par Catherine Vidal, directrice de recherche à l'Institut Pasteur, membre du Conseil scientifique de la mission pour la place des femmes au CNRS.

18 h 30
L'Avant-Scène
Entrée libre
Tél. 02 43 49 47 81
www.ccsti-laval.org

VANNES, LORIENT, PONTIVY (56) EN IMMERSION

15 FÉVRIER
Journée portes ouvertes de l'UBS

● Cette journée est destinée aux lycéens, aux étudiants et à toute personne souhaitant se réorienter ou reprendre des études. Au menu : présentation des formations, des programmes, des métiers et débouchés, de l'alternance, visite des salles, des laboratoires, des bibliothèques et découverte de votre future vie étudiante.

9 h 30
Tél. 02 97 87 66 60 (Lorient)
Tél. 02 97 01 27 00 (Vannes - Pontivy)
suiqip@univ-ubs.fr
www.univ-ubs.fr

LORIENT (56) DU VENT ET DU SOLEIL

JUSQU'AU 15 MARS
MS Tûranor PlanetSolar

● Montez à bord du plus grand bateau solaire au monde en compagnie des guides de la Cité de la voile qui vous feront découvrir les particularités de ce catamaran aujourd'hui transformé en plate-forme scientifique. Pénétrez dans les coulisses du navire, de la timonerie à la cuisine en passant par la cabine du capitaine, le carré et le pont solaire.

14 h (uniquement le samedi)
Cité de la voile Éric-Tabarly
Tél. 02 97 65 56 56
www.citevoile-tabarly.com

NANTES (44) REGARDS SUR LA PLANÈTE

JUSQU'AU 17 MARS
InvenTerre

● "Nous vivons à bord d'un vaisseau spatial peuplé de six milliards d'individus. Nous devons d'urgence apprendre à le protéger". À travers la grande diversité des images fournies par les satellites d'observation, cette exposition sensibilise le visiteur à la fragilité de l'équilibre de la Terre et convie chacun à découvrir "l'inventaire" des résultats de l'observation spatiale de notre planète.

Muséum de Nantes
Tél. 02 40 41 55 00
www.museum.nantes.fr

AMAZING SCIENCE
AU CŒUR DE L'INNOVATION
ET DE LA RECHERCHE
20 déc 2013 > 9 fév 2014
Le Kiosque

NEUROSCIENCES
EXPOSITIONS & ANIMATIONS
DANS LE CADRE DE LA SEMAINE DU CERVEAU
ENTRÉE LIBRE

SCIENCE/FICTION
VOYAGE AU CŒUR DU VIVANT
SUR LES TRACES DE JULES VERNE
SCULPTURE D'AUTOMATES - JACQUES MONESTIER
20 déc 2013 > 16 mars 2014
Hôtel de Limur

50ans
Inserm
VANNES
www.mairie-vannes.fr

15 février
2014
PORTES
OUVERTES

« Découvrez une université ÉTONNANTE »
Vannes • Lorient • Pontivy 9h30 > 17h

UNIVERSITÉ DE BRETAGNE-SUD

JUSQU'AU 15 MARS 2014

MS TÛRANOR PLANETSOLAR

CITÉ VOILE TABARLY

INVEN TERRE

MUSÉUM DE NANTES
9 OCTOBRE 2013
17 MARS 2014

Nantes

APPELS À PROJETS ● Vous avez soutenu votre thèse de chimie moléculaire, de chimie du solide et des matériaux ou de chimie et génie de l'environnement en 2013 ? Pourquoi ne pas participer au **Prix de thèse Ecole de chimie - René Dabard**. Les candidats doivent envoyer leur dossier à directionscientifique@ensc-rennes.fr **avant le 15 mars**. Renseignements : www.ensc-rennes.fr ● À l'occasion de son 12^e séminaire, les 22 et 23 mai au Bono (Morbihan), le **Gis Marsouin**, fédération des équipes bretonnes travaillant sur les usages du numérique, lance un **appel à communications**. Les propositions sont à soumettre **avant le 23 février** sur le site : [www.labocommunicant.net/sites/marsouin/seminaire/index.php/se12](http://www.labocommunicant.net/sites/marsouin/seminaire/index.php/seminaire/se12).

L'ÉVÉNEMENT DU MOIS

SEMAINE DU CERVEAU

Savez-vous que nous avons des hormones de poisson dans notre cerveau ? Que les neurobiologistes s'intéressent au chant des oiseaux ? À Brest, à Lannion et dans vingt-huit autres villes de France, les chercheurs issus des grands organismes de recherche, des instituts des neurosciences, du monde hospitalo-universitaire vous invitent à découvrir les neurosciences, à mieux comprendre notre cerveau au travers d'expositions, de projections de films, de conférences, d'ateliers, de spectacles, d'animations pour les enfants et de débats. Cette manifestation est coordonnée par la Société des neurosciences en partenariat avec la Fédération pour la recherche sur le cerveau, sous l'égide de la Fondation Dana Alliance.

LANNION (22), BREST (29) ET DANS TOUTE LA FRANCE

DU 10 AU 16 MARS
Gratuit

Retrouvez le programme des manifestations sur www.semaineducerveau.fr

ET AUSSI... SORTIES ET EXPOSITIONS

TRÉFUMEL (22)
22 FÉVRIER
Après-midi "géologie"

● Au programme : la visite de la Maison des Faluns et l'observation sur le terrain de ces calcaires truffés de coquillages et autres fossiles, témoins de la mer chaude qui recouvrait encore ces terres il y a onze millions d'années.

14 h 15
Église de Tréfumel
Tél. 02 96 33 10 57
www.vivarmor.fr



LE PALAIS (56)
25 FÉVRIER
Les oiseaux du bord de mer

● Longue-vue et jumelles sur les épaules, allez observer les oiseaux des côtes belle-ïloises.

14 h 30
Entrée du village de Kergolay
Tél. 02 97 31 40 15
www.belle-ile-nature.com

LE PALAIS (56)
28 FÉVRIER
La ria de Sauzon

● Le temps d'une promenade, chaussez les bottes pour découvrir les vers, coquillages, crustacés et bien d'autres espèces qui se cachent dans la vase.

10 h 30
Au fond de la ria de Sauzon (au niveau du pont)
Tél. 02 97 31 40 15
www.belle-ile-nature.com

LORIENT (56)
DU 18 FÉVRIER AU 14 MARS
Circuits portuaires

● Quatre circuits sont proposés :
- La marée du jour. Le port de pêche de Keroman
- Objectif pêche durable. La station Ifremer de Lorient
- La rade aux 3 000 navires
- Secrets de navires. L'aire de réparation navale de Keroman.

Réservation obligatoire
Tél. 02 97 84 78 00
ou 02 97 84 87 37
www.ccsti.org

RENNES (35)
14 MARS
Rencontre nocturne avec les amphibiens

● Alors que le mercure remonte doucement, la vie aux abords des mares bat son plein. Venez découvrir les danses nuptiales et autres concours de chants et de bonds des tritons, salamandres, grenouilles et crapauds !

20 h
Écocentre de La Taupinais
Sur inscription
Tél. 02 99 30 49 94
<http://educatif.eau-et-rivieres.asso.fr>

DOUARNENEZ (29) VOGUE, VOGUE PETIT VOILIER

JUSQU'AU 17 MARS

6,50. L'aventure de la Mini-Transat

● Partie de Douarnenez en octobre dernier, la Mini-Transat relève de la course initiatique... À travers des souvenirs, des objets de mémoire, des coques ingénieuses, des équipements parfois spartiates, cette exposition retrace l'histoire de cette aventure où des régatiers, amateurs ou confirmés, affrontent les rudesses de l'Atlantique depuis maintenant trente-six ans.

Le Port-musée
Tél. 02 98 92 65 20
www.port-musee.org

OUESSANT (29) AU BOUT DEBOUT

JUSQU'AU 30 OCTOBRE

Phare du Créac'h :

150 ans d'éclat

● Plongez dans l'histoire de ce phare mythique bâti voilé 150 ans à la pointe de l'Europe. Découvrez un siècle et demi d'innovations technologiques, de service et de vie qui se raconte ici au travers d'archives, de témoignages, d'œuvres artistiques et de souvenirs des familles ouessantines et des marins.

Musée des Phares et Balises
Tél. 02 98 48 80 70
www.pnr-armorique.fr

Société des Neurosciences

EN EUROPE ET DANS PLUS DE 30 VILLES EN FRANCE

Semaine du Cerveau

10-16 mars 2014

EXPOSITIONS
CINÉ-DÉBATS
CAFÉ SCIENCES
ATELIERS
RENCONTRES
ANIMATIONS SCOLAIRES
CONFÉRENCES

VENEZ DÉCOUVRIR LE CERVEAU !

MANIFESTATION GRAND PUBLIC - ACCÈS LIBRE ET GRATUIT

www.semaineducerveau.fr

Frc
Inserm
INRA
CIRIS
Cerveau & Psycho



LES ACTUS DE BRETAGNE ENVIRONNEMENT

- Une recrudescence d'oiseaux mazoutés sur les plages bretonnes
- À Kernacléden (56), un pôle spécialisé sur les chauves-souris
- Les pesticides seront bientôt interdits aux collectivités locales et aux particuliers sur www.bretagne-environnement.org

PIERRE-ALAIN FOUQUE, 39 ANS

ENSEIGNANT-CHERCHEUR EN CRYPTOGRAPHIE
À L'UNIVERSITÉ DE RENNES 1

Interviewé par téléphone par Céline Duguey.

« Un être doué de raison peut me faire douter de la rationalité. »

1 **Qu'auriez-vous fait si vous n'aviez pas été chercheur ?**
Je ne sais vraiment pas...
Ingénieur sûrement, car les sciences m'ont toujours attiré.

2 **Aujourd'hui, qu'avez-vous trouvé ?**
Un métier passionnant, qui me fait lever tôt tous les jours ! Enfin, surtout cette semaine, car je donnais des cours à 8 h. Mais c'est un aspect primordial, de pouvoir côtoyer des étudiants, qu'ils soient en formation ou en recherche. Cela apporte un renouvellement perpétuel et permet de découvrir de nouvelles choses.

3 **Le hasard vous a-t-il déjà aidé ?**
Oui de nombreuses fois. Enfin, plus que des hasards, ce sont plutôt des rencontres heureuses, au cours de mes recherches. Des discussions avec d'autres chercheurs, des échanges qui ont été très profitables.

4 **Qu'avez-vous perdu ?**
Mes rêves d'enfant. Je rêve de moins en moins, ou plutôt, j'arrive de moins en moins à m'en souvenir. Alors que plus jeune je rêvais beaucoup. Ce sont eux qui me manquent. C'est peut-être parce que dès que je me réveille je pense à quelque chose, donc ils m'échappent.

5 **Que vaudrait-il mieux ne pas trouver ?**
Un médicament qui maintienne en vie trop longtemps. Déjà parce que nous serions trop nombreux sur Terre. Et aussi parce que les meilleures années, selon moi, sont celles de notre jeunesse. Ou alors il faudrait trouver un remède miracle pour vivre jeune très longtemps. Et encore, cela ne résoudrait pas tous les problèmes.

6 **Quelle est la découverte qui changerait votre vie ?**
Une découverte qui me permettrait de factoriser en temps polynomial, c'est-à-dire beaucoup plus vite qu'aujourd'hui ! Mais je ne suis pas sûr que l'on pourrait publier un tel résultat, il relèverait du secret défense. Sinon des voitures volantes. Voler en plein ciel ce serait quand même plus rigolo que de conduire sur une route...

7 **Qu'est-ce qui vous ferait douter de la rationalité ?**
Le cerveau humain en général, tellement complexe et incertain. Il est si difficile d'essayer de comprendre comment les choses s'arrangent à l'intérieur. La naissance aussi, le développement des capacités de raisonnement, je trouve ça magnifique. En fait, c'est un être doué de raison qui peut me faire douter de la rationalité.

sciences ouest

Toute la science en Bretagne. **sciences ouest** est rédigé et édité par l'Espace des sciences, Centre de culture scientifique technique et industrielle (association)

Espace des sciences, Les Champs Libres, 10, cours des Alliés, 35000 Rennes

nathalie.blanc@espace-sciences.org - www.espace-sciences.org - Tél. 02 23 40 66 66 - Fax 02 23 40 66 41

3€

Président de l'Espace des sciences : Jacques Lucas. **Directeur de la publication :** Michel Cabaret. **Rédactrice en chef :** Nathalie Blanc. **Rédaction :** Raphaël Baldos, Julie Danet, Nicolas Guillas, Michèle Le Goff, Klervi L'Hostis. **Comité de lecture :** Louis Bertel (télécommunications), Stéphane Bourlés (délégation CNRS Bretagne - Pays de la Loire), Gilbert Blanchard (biotechnologies-environnement), Jean-Claude Bodéré (géographie), Bernard Boudic (information et communication), Daniel Boujard (génétique-biologie), Michel Branchard (génétique-biologie), Thierry Bulot (sciences humaines et sociales), Alain Hillion (télécommunications), Isabelle Krull (télécommunications), Christian Le Bart (sciences humaines et sociales), Dominique Petit (directrice du CCSTI de Lorient), Paul Trehen (biologie-environnement), Christian Willaime (physique-chimie-matériaux). **Abonnements :** Sandie Lanoë, tél. 02 23 40 66 59, sandie.lanoë@espace-sciences.org. **Publicité :** AD Media - Alain Diard, tél. 02 99 67 76 67, info@admedia.fr. **sciences ouest** est publié grâce au soutien de la Région Bretagne, des départements du Finistère et d'Ille-et-Vilaine. **Édition :** Espace des sciences. **Réalisation :** Pierrick Bertôt création graphique, 35510 Cesson-Sévigné. **Impression :** TPI, 35830 Betton. **Trage du n° 317 :** 4 000 ex. **Dépôt légal** n° 650. **ISSN** 1623-7110.



www.espace-sciences.org

EXPOSITIONS SCIENTIFIQUES ITINÉRANTES
Catalogue 2013/2014

CATALOGUE
 des expositions scientifiques itinérantes
 > Tél. 02 23 40 66 46 > www.espace-sciences.org

7^{ème} édition du Congrès Biotech du Grand Ouest À Saint-Malo

Gen2Bio®

Jeudi 3 Avril 2014

Focus sur la e-Science

- ATELIERS TECHNOLOGIQUES & THÉMATIQUES
- CONFÉRENCES
- ESPACE PARTENAIRES
- SESSION POSTERS
 NOUVEAU : LE PRIX BIOGENOUEST DU MEILLEUR POSTER

Biogenouest

VENEZ DÉCOUVRIR, LE 3 AVRIL 2014 AU PALAIS DU GRAND LARGE DE ST-MALO, L'EXPERTISE DES PLATES-FORMES TECHNOLOGIQUES DE BIOGENOUEST POUR ACCOMPAGNER L'INNOVATION DANS LES LABORATOIRES ET LES ENTREPRISES...

Programme complet et inscriptions : www.gen2bio.org

Pour ne rien manquer de l'actualité scientifique bretonne !

Abonnez-vous

CYBERSÉCURITÉ : LA BRETAGNE EN POLE POSITION

Achat au numéro

Abonnez-vous en ligne sur www.espace-sciences.org rubrique SCIENCES OUEST

- Tarif normal : 2 ANS (22 numéros) **54 €** / 1 AN (11 numéros) **30 €**
- Tarif étudiant : 2 ANS **27 €** / 1 AN **15 €**
- Tarif étranger ou abonnement de soutien : 2 ANS **76 €** / 1 AN **50 €**
- Achat au numéro : **3 €**

Espace des sciences, Les Champs Libres, 10, cours des Alliés, 35000 Rennes - Tél. 02 23 40 66 40

La Cité des télécoms



JOUER

DÉCOUVRIR

APPRENDRE

PLEUMEUR-BODOU / PARC DU RADÔME / WWW.CITE-TELECOMS.COM



des fonds dans l'eau www.dafis.fr CREDIT PHOTO MICHEL PAULIC

Cité des
télécoms



fondation d'entreprise