

EN DIRECT

LE JOURNAL DE LA RECHERCHE ET DU TRANSFERT DE L'ARC JURASSIEN

Le dossier //////////////////////////////////////

Le grand saut dans la réalité virtuelle

////////////////////////////////////

FEMTO-ST, les dix ans d'une fructueuse construction

Les Mooc's, entre savoir et marketing

Les spins, prochainement dans nos ordinateurs ?

Usines de guerre

NUMÉRO 255 - NOVEMBRE-DÉCEMBRE 2014 //////////////////////////////////////

LE SOMMAIRE //////////////////////////////////////

LES ACTUALITÉS ////////////////////////////////////// 4

FEMTO-ST, les dix ans d'une fructueuse construction

La montre mécanique dans les projets de MIFHySTO

Un master aux racines solides pour une agriculture durable

Le Jura en liberté surveillée

Les Mooc's, entre savoir et marketing

Optimiser les trajets de collecte des prélèvements de santé

Échanges Corée du Sud - France : des bons points pour l'école

Enfin guérir du SIDA ?

Cellules éduquées pour thérapies personnalisées

La main de l'écrivain en version électronique

« Le Château-Chalon, un vin, son terroir et ses hommes »

« Une approche théorique de la conception des objets techniques »

« Paris ! Paris ! Les artistes suisses à l'école des beaux-arts (1793 - 1863) »

Colloques, journées d'étude et ateliers : l'agenda

COMMUNAUTÉ DU SAVOIR ////////////////////////////////////// 11

Le bon réflexe pour des projets franco-suisses bien ficelés

L'ANALYSE ////////////////////////////////////// 12

Forêt de Chaux et forêt équatoriale de Guyane : les liens du sol

RÊVONS UN PEU ////////////////////////////////////// 13

Les spins, prochainement dans nos ordinateurs ?

TERRE D'INVENTEURS ////////////////////////////////////// 14

Usines de guerre

RÉFÉRENCES ////////////////////////////////////// 16

Sorcières !

LE DOSSIER ////////////////////////////////////// 17

Le grand saut dans la réalité virtuelle

////////////////////////////////////

FEMTO-ST, les dix ans d'une fructueuse construction



Photos David Ceshon

Des cadeaux, l'Institut FEMTO-ST en a eu pour son dixième anniversaire ! Une grande *battle* voyant s'affronter des doctorants prêts à défendre leur travail de thèse à coups de démonstrations théâtrales en 180 secondes chrono, un bâtiment recherche flambant neuf, la visite du premier ministre Manuel Valls, et avec à peine de patience, bientôt celle de scientifiques de renom dans chacun de ses domaines de prédilection.

L'Institut FEMTO-ST est né en 2004 du regroupement de plusieurs laboratoires comtois. Construit étape par étape sur des entités solides, il est désormais structuré en sept départements, et compte près de sept cents collaborateurs qui lui valent la réputation de plus grand laboratoire en sciences pour l'ingénieur de France.

Michel de Labachellerie a été le créateur puis le maître-artisan de la fédération pendant huit ans. Directeur du laboratoire depuis 2012, Nicolas Chaillet poursuit l'ouvrage entrepris et se réjouit de le voir si bien édifié. « Les liens se sont tissés au fil des années, et il existe un véritable sentiment

d'appartenance à FEMTO-ST. » Avec pour champs d'action l'automatique, l'informatique, l'énergie, la mécanique appliquée, les micro- et nanotechnologies, l'optique et le temps-fréquence, « l'institut est pluridisciplinaire par construction. Et il est interdisciplinaire grâce à des projets transverses contribuant à l'originalité des travaux scientifiques » raconte Nicolas Chaillet.

En témoignent des travaux de pointe autour de la micro-horloge atomique, mêlant temps-fréquence et microsystèmes, de l'hydrogène, impliquant des équipes de Besançon et du Nord Franche-Comté, ou encore du projet Biom'@x, pour la mise au point de dispositifs médicaux personnalisés.

Les sujets sont nombreux à s'imbriquer autour des structures et systèmes intelligents, les *smart systems* représentant une des pierres angulaires des travaux de FEMTO-ST.

L'institut est porteur du LabEx ACTION, qui, élu en 2012 au titre des Investissements d'Avenir de l'État, est l'une des illustrations de la visibilité de l'unité FEMTO-ST.

Implantation à Temis Sciences

Tout de béton et de bois, le nouveau bâtiment, que viennent d'investir les départements Optique et MN₂S (Micro nano sciences et systèmes) de l'institut, ainsi que la direction et plusieurs services communs, en est aussi un symbole.

Implanté sur le site de Temis Sciences, un projet immobilier porté par la Région Franche-Comté à Besançon, il offre 5 300 m² de surface utile et des locaux où vibrations, luminosité et température sont sous contrôle, des conditions adaptées aux expériences. Au 15 B de l'avenue des Montboucons, le bâtiment est localisé dans le voisinage immé-

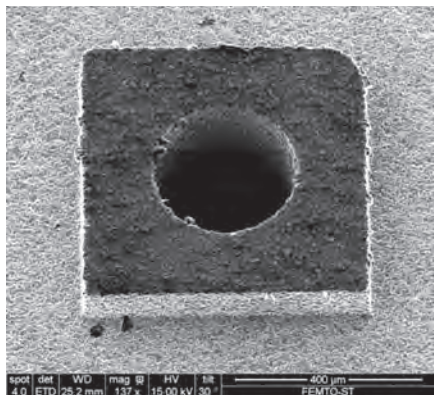
diat d'autres sites de recherche de FEMTO-ST, de sa salle blanche récemment agrandie et fonctionnalisée installée à la Maison des microtechniques, des lieux d'enseignement de l'université de Franche-Comté et de l'ENSMM, de l'Incubateur d'entreprises innovantes de Franche-Comté, des *start-up* créées pour valoriser les travaux de l'institut au niveau industriel, et de nombreuses entreprises *high-tech*.

Un environnement dynamique pour un laboratoire dont la portée socio-économique est indéniable, tant au niveau local qu'à l'international.

➔ **Contact** : Nicolas Chaillet - Institut FEMTO-ST - Université de Franche-Comté / ENSMM / UTBM / CNRS
Tél. (3300/0) 3 63 08 24 02 - nicolas.chaillet@femto-st.fr

La montre mécanique dans les projets de MIFHySTO

MIFHySTO (Microfabrication pour la miniaturisation, la fonctionnalisation et l'hybridation des systèmes microtechniques et l'outillage) est un petit bijou en matière de microtechniques, et remplit de satisfaction les trois laboratoires qui sont à l'origine de sa création : FEMTO-ST, UTINAM et IRTES, sous la tutelle de l'université de Franche-Comté, de l'ENSM, de l'UTBM et du CNRS. Une union qui fait toute la force de cette plate-forme et qui a séduit la Région Franche-Comté, dont l'important soutien financier a permis de



Micro-usinage de précision par électroérosion de matériaux très durs sur station SARIX

la rendre opérationnelle. Affichant sans complexe un coût de 310 K€, la station d'usinage par microérosion SARIX en a été le premier investissement, et a élu provisoirement domicile dans la salle grise de l'ENSM. Depuis sa mise en service, elle a permis de mettre au point de nouveaux process de micro-usinage. D'autres moyens, en cours d'acquisition à l'IRTES et à UTINAM, viendront compléter les nouvelles capacités d'innovation dans le domaine de la microfabrication.

« La conjugaison des compétences des trois laboratoires de recherche donne à MIFHySTO une dimension formidable, c'est un dispositif unique au monde », témoigne Guy Monteil, directeur du département Méc'Appli à FEMTO-ST.

Spécialistes de la conception et de la réalisation de pièces de petites dimensions avec une grande précision d'exécution, chacun apporte ses ingrédients pour monter une sauce *high-tech* :

l'enlèvement de matière pour FEMTO-ST, et à l'inverse l'addition de matière par voie humide pour UTINAM, et par voie sèche pour l'IRTES. Les traitements de surface s'insèrent dans ce dispositif, aussi bien pour leur vocation esthétique que pour leurs performances techniques fonctionnelles. L'usure et le frottement sont des contraintes mécaniques parmi les plus courantes et les plus fondamentales pour le fonctionnement des systèmes horlogers, et FEMTO-ST en maîtrise la compréhension pendant qu'UTINAM et l'IRTES peuvent apporter des solutions pour les réduire.

MIFHySTO constitue donc un atout supplémentaire et parfois incontournable pour les recherches menées en collaboration avec le monde horloger. Le dernier projet en date est d'envergure : il est même l'un des plus importants jamais inscrits au programme national ISI (Innovation stratégique industrielle), pour lequel la BPI investit 8 M€. Outre les trois laboratoires comtois, rejoints dans l'aventure par le LEM₃ de l'université de Lorraine spécialisé dans la métallurgie, le *consortium* réunit différentes entreprises autour de la manufacture comtoise PÉQUIGNET. Les retombées économiques de ce projet sont estimées à 60 M€ de chiffre d'affaires, et laissent espérer la création de 250 emplois en région à l'horizon 2022.

➔ **Contact :** Guy Monteil - Département Méc'Appli / Sébastien Thibaud - Plateforme MIFHySTO

Institut FEMTO-ST - Université de Franche-Comté / ENSM / UTBM / CNRS

Tél. (0033) 0 3 81 66 60 02 / 66 11 - guy.monteil@femto-st.fr / sebastien.thibaud@ens2m.fr

Un master aux racines solides pour une agriculture durable

Un terrain fertile, des compétences aiguisées, des outils adaptés... Delémont prend fait et cause pour l'agriculture durable en accueillant sur son sol un nouveau master (MAS) né de la fructueuse collaboration entre l'université de Neuchâtel, le CABI (*Centre for Agricultural Bioscience International*) et le canton du Jura. Le CABI est une organisation internationale de recherche scientifique et d'information dédiée à la

protection de l'environnement et aux bonnes pratiques agricoles. Il a implanté son centre européen dans la capitale jurassienne en 1948. Ses intérêts ont depuis longtemps rejoint ceux de la faculté des Sciences de l'université de Neuchâtel en matière de recherche sur les interactions entre plantes et insectes. La lutte contre les ravageurs et les maladies des plantes au moyen de produits naturels en est une déclinaison,

et un axe prioritaire du pôle de recherche national Survie des plantes piloté par l'université de Neuchâtel jusqu'à son terme en 2013, auquel le CABI a apporté son concours (cf. *en direct* n° 248, mai - juin 2013). Cette synergie d'ambitions et de moyens, largement soutenue par le canton du Jura, porte aujourd'hui ses fruits en matière d'enseignement avec la création du master en Gestion intégrée des cultures. Ce diplôme de formation continue s'adresse aux scientifiques, enseignants, décideurs politiques et étudiants de

niveau équivalent. « Quinze à vingt personnes par année sont attendues du monde entier, en particulier des pays émergents », précise-t-on à l'université de Neuchâtel. Des connaissances pointues combinant divers paramètres comme la protection des sols, la sélection des semences, la lutte contre les ravageurs, la nutrition des plantes ou la gestion de l'eau et des paysages, aideront les futurs diplômés à optimiser le ratio efficacité de la production / respect de l'environnement.

➔ **Contact** : Ted Turlings - Institut de biologie - Université de Neuchâtel - Tél. (0041/0) 32 718 31 58 - mas.icm@unine.ch

////////////////////////////////////



Le Jura en liberté surveillée

Six stations GPS enregistrent désormais en continu les déformations de la chaîne du Jura avec une précision de l'ordre de quelques dixièmes de millimètre par an à échéance d'une dizaine d'années. Cette observation produira notamment des informations tectoniques liées à l'activité sismique de l'Arc, qui, bien que discrète, n'en est pas moins réelle. Les stations, ici celle du Morond sur la commune de Longevilles-Mont-d'Or (25), sont construites sur des terrains très stables, et les antennes de réception fixées sur des piliers ancrés à la roche. Les données sont transmises par modem au serveur de l'OSU-THETA (Observatoire de Besançon) de l'université de Franche-Comté pour analyse et stockage. Le projet est piloté par l'OSU-THETA et reçoit le soutien financier de la Région Franche-Comté (cf. *en direct* n° 247, mars - avril 2013).

Photo Christian Sue - Laboratoire Chrono-environnement - UFC

////////////////////////////////////

Les Mooc's, entre savoir et marketing

Faire cours à 50 000 personnes à la fois ? C'est ce que promettent les Mooc's, ou *Massive online open courses*, dont la traduction française *Cours en ligne ouverts aux masses* n'est guère plus élégante mais a le mérite d'être aussi explicite. Les Mooc's ont le vent en poupe aux USA et débarquent en Europe où ils se développent depuis 2012. En Suisse et parmi d'autres, l'EPFL en comptera bientôt 21, et l'université de Neuchâtel va se lancer ; en France, la plateforme FUN, France université numérique, souhaite centraliser l'offre nationale.

Les Mooc's suscitent de nombreux avis et interrogations, évoqués lors d'un débat aussi courtois que passionnant organisé à l'UniNE en septembre dernier. Un café scientifique pour la première fois et très symboliquement accessible en direct sur le net, grâce aux moyens techniques mis en œuvre par la Communauté du Savoir.

Encore balbutiants, sans modèle économique bien défini, il semblerait que les Mooc's oscillent entre transmission du savoir et opération marketing. Outil d'information complémentaire comme peut

l'ère la lecture d'un livre, ou support de cours à part entière comme sur le continent africain où l'Université virtuelle d'Afrique se substitue à des universités classiques qui ne peuvent voir le jour faute de moyens : si les objectifs et conditions d'utilisation peuvent passer du luxe à la nécessité, les Mooc's interpellent dans tous les cas de figure sur le risque de standardisation du savoir, la difficulté à établir des priorités dans le choix des cours et des enseignants, le déclin possible des sites universitaires où se produit l'expérience humaine et sociale, au profit de campus virtuels. Ils questionnent tout autant et de manière positive sur leur intérêt en termes de visibilité et d'attractivité pour une université ou une formation, sur un meilleur accès au savoir ou encore sur le renouvellement de pratiques pédagogiques parfois usées. Pour ou contre, les arguments se heurtent à la question financière, rappelant

que les Mooc's sont aussi un produit. Créer des Mooc's coûte cher, très cher, deux à trois fois plus qu'un cours classique, d'après les estimations. Dès lors, leur gratuité se présente comme le problème le plus épineux à résoudre, à la fois pour le fournisseur et l'utilisateur. La solution la plus avancée actuellement réside dans la gratuité des cours mais le paiement de la certification validant le cursus. Ou encore l'intégration d'écrans publicitaires. De là à verser dans la crainte d'une dérive commerciale, il n'y a qu'un pas que certains espèrent ne pas avoir à franchir, l'université par essence et par conviction se montrant capable de s'ériger en rempart contre la marchandisation du savoir qu'elle a la responsabilité de transmettre.

L'enregistrement du débat est disponible dans son intégralité sur le site de l'UniNE à partir de l'agenda, onglet Cafés scientifiques.

➡ **Contact** : Pascal Felber - Institut d'informatique - Université de Neuchâtel - Tél. (0041/0) 32 718 27 09 - pascal.felber@unine.ch

Optimiser les trajets de collecte des prélèvements de santé

*Le projet BIOSOLVER est lancé : FEMTO-ST et le LMB
cogitent sur un algorithme capable d'optimiser les parcours suivis
par les échantillons biologiques, de leur prélèvement à domicile
jusqu'à leur analyse en laboratoire, en toute sécurité.*



Écran logiciel Graal Biotrack

L'une des exigences de la réforme de la biologie médicale de mai 2013 est la traçabilité des prélèvements de santé, applicable en 2016.

Spécialisée dans le développement de solutions informatiques dédiées à ce domaine, l'entreprise FOR AGE de Saint-Vit (25) a pris les devants en mettant dès l'année dernière à disposition des laboratoires une solution pour assurer le suivi des échantillons : depuis le lieu de leur prélèvement jusqu'à leur entrée en analyse, GRAAL BIOTRACK peut attester des bonnes conditions d'acheminement des échantillons en termes de délai ou de température, et assure l'organisation logistique de leur transport. Pour optimiser des déplacements qui se comptent en milliers de kilomètres par jour, une nouvelle étape consiste à intégrer à GRAAL BIOTRACK un « solveur de tournées », chargé de planifier de la façon la plus efficace les trajets de collecte des coursiers, des préleveurs ou des infirmières libérales. Ce développement laisse espérer jusqu'à 30 % de réduction des coûts de logistique. Reste à trouver, dans un laps de temps raisonnable, l'algorithme mathématique qui saura tenir compte de toutes les contraintes spécifiques à la biologie médicale pour remporter le défi. C'est là que l'Institut FEMTO-ST et le LMB entrent en scène.

Partant des travaux de la théorie des graphes ou de la programmation linéaire en nombres entiers, informaticiens et mathématiciens auront à cœur de se frotter à la réalité du terrain pour trouver une solution adaptée. La collaboration avec l'entreprise FORAGE a été contractualisée en septembre dans le projet BIOSOLVER, dont le budget s'élève à 350 K€. Labellisé par le pôle Véhicule du Futur, BIOSOLVER reçoit le soutien financier de BPI France et du Fonds régional d'aide à l'innovation (Conseil général du Doubs et Région Franche-Comté).

► **Contact** : Christophe Varnier - Département AS2M – Automatique et systèmes micromécatroniques – Institut FEMTO-ST
Université de Franche-Comté / ENSMM / UTBM / CNRS - Tél. (003303) 3 81 40 28 13 - christophe.varnier@ens2m.fr

Échanges Corée du Sud - France : des bons points pour l'école

Aujourd'hui étudiants à l'université nationale de pédagogie de Gongju, demain enseignants du primaire dans leur pays, dix jeunes Sud-Coréens viennent tester les bancs de l'école française au cours d'un séjour de cinq semaines organisé en février prochain à Besançon. Ils seront les premiers à bénéficier de ce stage à la carte comme sait les concocter le CLA (Centre de linguistique appliquée), fruit d'un accord signé en septembre entre l'université de Gongju, l'université de Franche-Comté et le rectorat de Besançon, et fortement soutenu par les ambassades des deux pays.

Suivi des cours dans des écoles primaires ou collèges bisontins, participation à la vie de famille des petites têtes blondes, découverte de la région et stage préalable de mise à niveau en français : l'immersion *made in* CLA est totale et préparée avec grand soin. Au programme scolaire proprement dit : étude des pratiques pédagogiques, de la mise en place des activités sportives ou musicales, ou encore des dispositifs d'accueil des élèves étrangers. Rendre l'école coréenne plus attirante et faire en sorte que les élèves, comme en France, la quittent à regret à la fin de la semaine, voilà une remarque que le président de l'université de Gongju formule à voix haute après sa visite dans les classes bisontines. Car si la Corée du Sud figure aux premières places du classement PISA, l'excellence de la note a son revers de médaille avec des emplois du temps très chargés, renforcés le soir par des heures de cours particuliers, et des élèves exténués. Mais nul doute que du côté français, on interrogera aussi avec grand intérêt la méthode coréenne... L'envie d'apprendre et de tirer profit d'autres expériences est commune aux acteurs de l'enseignement des deux pays et place cette formation sous le signe de la coopération et de l'échange. Un état d'esprit fidèle à la philosophie du CLA qui, avec quatre mille stagiaires du monde entier accueillis chaque année, affirme tous les jours cette vocation.

➔ **Contact :** Anne-Emmanuelle Grossi - Direction du CLA - Centre de linguistique appliquée - Université de Franche-Comté
Tél. (0033/0) 3 81 66 52 01 - anne-emmanuelle.grossi@univ-fcomte.fr

Enfin guérir du SIDA ?

L'équipe Agents pathogènes et inflammation de l'université de Franche-Comté participe à un programme européen d'excellence, visant la mise au point de thérapies d'une efficacité nouvelle dans le traitement du SIDA.

Plus de trente-quatre millions de personnes sont atteintes par le virus du SIDA, le trop fameux VIH. Si les traitements antirétroviraux ont représenté un progrès considérable et un tournant dans l'histoire de ce fléau, ils n'ont pas la faculté d'assurer la complète guérison de la maladie.

En effet, le génome du virus reste inscrit en mémoire dans certains globules blancs de l'organisme, échappant à tout contrôle du système immunitaire et capable de se réactiver en cas d'arrêt des traitements.

C'est la raison pour laquelle les antirétroviraux sont administrés en continu, avec tous les effets indésirables et les coûts élevés que suppose un traitement

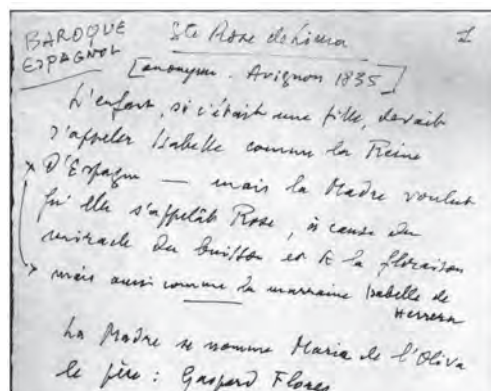
à vie. Le projet EURECA entend développer des approches thérapeutiques innovantes pour éradiquer le virus en latence dans les globules blancs, avec l'espoir de parvenir à la guérison définitive du patient.

EURECA est un *consortium* liant cinq universités, en Belgique (universités de Louvain et de Gand), Allemagne (universités de Heidelberg et de Langen) et France (université de Franche-Comté), dans un programme opérationnel dès cette année et prévu pour trois ans, avec le soutien de l'Europe et de l'Agence nationale de recherche sur le SIDA et les virus des hépatites (ANRS).

EURECA mise en premier lieu sur la compréhension des mécanismes biologiques impliqués dans les phénomènes de latence et de réactivation du virus. À l'université de Franche-Comté, l'unité de recherche Agents pathogènes et inflammation travaillera en collaboration avec le CHRU de Besançon pour analyser l'influence des sites d'intégration du virus sur ces processus. Les globules blancs mémoires seront isolés du sang périphérique de patients atteints par le VIH pour être étudiés, avec l'espoir d'arriver à terme à une éradication complète du virus dans l'organisme.

➔ **Contact :** Georges Herbein - Équipe Agents pathogènes et inflammation - Université de Franche-Comté
Tél. (0033/0) 3 81 21 88 77 - georges.herbein@univ-fcomte.fr

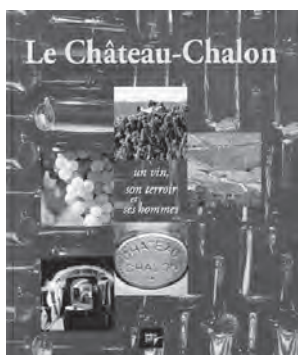
La réalisation de ce catalogue exhaustif procède des bonnes relations entretenues entre l'institution et l'écrivain, qui, installé à Besançon, confie depuis 1994 ses manuscrits aux chercheurs du Centre Jacques-Petit. À l'image d'une création prolifique, la numérisation des manuscrits annotés de Claude-Louis Combet est une œuvre colossale, qui a demandé pas moins de dix ans de travail aux chercheurs et techniciens du laboratoire, avec le concours de la Maison des sciences de l'homme et de l'environnement Claude-Nicolas Ledoux. Un pan de littérature contemporaine et de patrimoine comtois à découvrir sur <http://fanum.univ-fcomte.fr/louis-combet>.



➤ **Contact** : France Marchal-Ninosque - Centre Jacques-Petit - Laboratoire ELLIADD – Édition, langages, littérature, informatique, arts, didactiques, discours – Université de Franche-Comté - Tél. (0033/0) 3 81 66 54 47 - france.marchal-ninosque@univ-fcomte.fr

« Le Château-Chalon, un vin, son terroir et ses hommes »

Fleuron du vignoble jurassien, le Château-Chalon fait couler une encre aussi raffinée et goûteuse que son breuvage dans un livre que lui consacrent presque religieusement trente-neuf auteurs du cru ou d'ailleurs. Tous passionnés, ils sont scientifiques ou humanistes et racontent avec verve ce vin incomparable, son histoire et ses anecdotes, la géologie et les paysages de son territoire, ses caveaux et ses tonneaux, sa production patiente et exigeante, la fragilité de ses voiles de



Le Château-Chalon



un vin,
son terroir
et ses hommes

CHATEAU-CHALON

levures, sans oublier son singulier clavelin, créé tout exprès pour la mise en bouteille d'un vin décidément exceptionnel à bien des égards. On se délecte de la découverte de ces deux cent soixante-dix pages aux textes riches et charpentés, illustrés de photos aux accents inattendus et savoureux, le tout dans une superbe mise en page, élaborée sur mesure. Cet ouvrage collectif vient de remporter le premier prix 2014 de la catégorie monographies et études spécialisées de l'OIV, l'Organisation internationale de la vigne et du vin. Il est édité par l'association Méta Jura, www.meta-jura.org

« Une approche théorique
de la conception
des objets techniques »

Ce n'est que bien rarement que l'idée de conception part de la définition d'un besoin pour aboutir à une proposition de solution. En réalité, la conception d'un système ou d'un objet technique se construit autour de paramètres et de problématiques en constante évolution, nécessitant par ricochet une évaluation permanente.

Elle exige raisonnement, logique et anticipation, et demande à recourir à une « activité métacognitive » permettant au concepteur d'adapter son cheminement en fonction de ses propres limites cognitives. Cet ouvrage est une description théorique de l'exercice de conception. Il recense l'ensemble de ses composantes, qu'il dissèque en définitions, hypothèses et arguments.

Il présente en préambule les paramètres descripteurs d'un objet technique et la logique déductive appliquée aux systèmes techniques, avant de s'intéresser aux problèmes posés et à leurs contraintes, puis aux raisonnements à adopter pour aboutir à la préconisation de solutions. Son auteur, Denis Choulier, enseignant-chercheur en mécanique à l'UTBM, l'a rédigé à l'intention des professionnels comme des chercheurs et des étudiants.

Choulier D., *Une approche théorique de la conception des objets techniques*, Pôle éditorial de l'UTBM, 2014.

« Paris ! Paris ! Les artistes suisses à l'école des beaux-arts (1793 - 1863) »

À l'aube du XIX^e siècle, la Suisse n'a pas de formation digne de ce nom à proposer à ses artistes en herbe. À partir de 1793, plus de quatre cents d'entre eux jettent leur dévolu sur l'école des beaux-arts de Paris, certains de trouver dans la capitale française la qualité de l'enseignement qu'ils recherchent et le soutien de maîtres reconnus. Les Archives nationales de Paris fournissent la matière à cet ouvrage qui se penche sur cette aventure à la fois individuelle et collective. Origines, motivations, conditions de séjour, formation, professionnalisation et devenir

artistique : le parcours des jeunes créatifs est analysé dans un essai qui complète le recensement de chacun d'eux dans un répertoire. À mi-chemin entre investigation documentaire et étude sociologique, l'analyse révèle le caractère pluriel, la richesse et l'ouverture dont fait alors preuve la création culturelle suisse.

Pascal Griener, enseignant-chercheur en histoire de l'art et en muséologie à l'université de Neuchâtel, et Paul-André Jaccard, chercheur à l'Institut suisse pour l'étude de l'art, ont codirigé cet ouvrage avec la complicité de Laurent Langer, doctorant en histoire de l'art à l'université de Neuchâtel, auteur du répertoire des artistes. Le projet a bénéficié du soutien du Fonds national suisse, et son originalité a été remarquée à diverses reprises dans des colloques internationaux.

Griener P., Jaccard P.-A. (sous la direction de), *Paris ! Paris ! Les artistes suisses à l'école des beaux-arts (1793 - 1863)*, éd. Slatkine, 2014

Colloques, journées d'étude et ateliers : l'agenda

La responsabilité politique des exécutifs des États membres du fait de leur action européenne

Les 12 et 13 novembre 2014 à Besançon - Dans quelle mesure les exécutifs des États membres de l'Union rendent-ils des comptes de leur action européenne, devant qui et selon quelles modalités ?

➔ **Contact** : Christophe Geslot - Tél. (0033/0) 3 81 66 61 42 - christophe.geslot@univ-fcomte.fr

The migration-security nexus - The case of Switzerland in international perspective

Les 13 et 14 novembre 2014 à Neuchâtel - Séminaire organisé par la faculté des Lettres et sciences humaines de l'université de Neuchâtel. ➔ **Contact** : maps.info@unine.ch

Journées d'études interdisciplinaires - *Les 14 et 15 novembre 2014 à Neuchâtel*

Workshop « Innovations Portescap SA, un cas d'école ? » et colloque « Innovation - L'apport de fonds documentaires du musée international d'horlogerie ». ➔ **Contact** : www.chaux-de-fonds.ch/musees/mih

Interactional competences in institutional practices - *Les 21 et 22 novembre 2014 à Neuchâtel*

Projet IC-You - La compétence d'interaction dans les pratiques institutionnelles : transition entre école et monde professionnel. ➔ **Contact** : icip2014@unine.ch

17^{es} journées francophones en activités physiques adaptées (APA)

Du 27 au 29 novembre 2014 à Besançon - Implication et spécificités des APA dans le domaine de la santé : éducation, prévention, rééducation, intégration. Présentation des travaux des jeunes chercheurs et opportunité pour les industriels de présenter leurs nouveaux projets. ➔ **Contact** : Fabienne Mougin-Guillaume Tél. (0033/0) 3 63 08 25 85 - fabienne.mougin-guillaume@univ-fcomte.fr

Spectacle musical sur la Guerre de dix ans - *Le 28 novembre 2014 à Besançon*

Clôture du cycle consacré à l'empreinte des conflits autour du centenaire de 1914, un spectacle musical sur la guerre de dix ans met en scène chanteuse, comédien et claveciniste autour de textes d'un auteur franc-comtois. ➔ **Contact** : Stéphanie Krapoth - Tél. (0033/0) 3 81 66 54 31 - stephanie.krapoth@univ-fcomte.fr

Congrès 2014 docteurs / entreprises - Rapprochements innovants

Les 17 et 18 décembre 2014 à Belfort - Apprendre à se connaître, initier et développer les bases d'une coopération industrielle et universitaire, permettre l'émergence de solutions innovantes et performantes pour l'industrie, tels sont les objectifs visés pour la première édition de ce congrès.

➔ **Contact** : Tél. (0033/0) 6 52 18 67 01 / 6 79 83 13 90 - contact@docteurs-entreprises.fr

18^{es} journées internationales du marketing horloger (JIMH) - *Les 3 et 4 décembre 2014 à Neuchâtel et*

La Chaux de Fonds - et 9^e journée de recherche en marketing horloger sur le thème « Le design horloger : crée-moi une icône ! » ➔ **Contact** : François Courvoisier - Tél. (0041/0) 32 930 20 40 - francois.courvoisier@he-arc.ch

Le bon réflexe pour des projets franco-suisses bien ficelés

Si les collaborations entre la France et la Suisse se tissent depuis des années en matière de recherche, d'enseignement et d'innovation, elles demandent cependant à être encouragées. Une mission que veut assurer la Communauté du Savoir, un réseau transfrontalier créé pour apporter des outils concrets et un accompagnement adapté aux acteurs concernés de part et d'autre de la frontière.

Photo Vincent Bichet

Environnement, santé, microtechniques, traitement de surface... le rapprochement des compétences et des énergies entre la France et la Suisse ne date pas d'hier. Pourtant certaines collaborations pourraient être plus incisives, et d'autres, encore insoupçonnées, mériteraient de voir le jour. Les freins à ce développement sont connus, et c'est précisément pour lever les réticences que la Communauté du Savoir (CdS) a été créée, à partir du travail amorcé lors du colloque franco-suisse qui a eu lieu à l'ENSM lors du colloque franco-suisse qui a eu lieu à l'ENSM en mars 2012. Ce réseau réunit les établissements d'enseignement supérieur de Franche-Comté et de l'Arc jurassien suisse suivants : L'École nationale supérieure de mécanique et des microtechniques (ENSM), la Haute Ecole Arc (HE-Arc), la Haute Ecole d'Ingénierie et de Gestion du canton de Vaud (HEIG-VD), l'Université de Franche-Comté (UFC), l'Université de Neuchâtel (UniNE) et l'Université de technologie de Belfort-Montbéliard (UTBM). Il reçoit le soutien financier de la Région Franche-Comté, de l'Ambassade de France en Suisse, des Cantons de Berne, Jura, Neuchâtel et Vaud, ainsi que de l'Europe et de la Confédération.

Plusieurs partenaires économiques, comme le pôle des Microtechniques et la Fondation suisse pour la recherche en microtechnique, pour ne citer qu'eux, adhèrent au réseau et devraient l'accompagner de manière active. L'université de Franche-Comté et l'association arcjurassien.ch sont chacun les porteurs de ce projet dans leur pays respectif.

Des outils efficaces

La CdS mise en premier lieu sur l'information. Un catalogue des collaborations franco-suisses recense toutes les coopérations et les projets de l'Arc jurassien ayant trait à la recherche, la valorisation

industrielle et la formation. C'est une source pratique pour connaître les projets en cours et éviter d'éventuels doublons, contourner certains pièges en tirant profit d'autres expériences... Le catalogue actualisé sera publié début 2015. Un guide des financements, quant à lui, prévoit de donner des informations sur les principaux programmes susceptibles d'apporter un soutien financier, comme les deux grands européens Interreg V ou Horizon 2020, tous deux mis en place sur la période 2014 - 2020, en faisant la lumière sur les démarches administratives qui peuvent être spécifiques à un pays ou à l'autre. Enseignants, chercheurs et entrepreneurs pourront tous bénéficier des avantages offerts par le réseau. Reste à adopter le réflexe Communauté du Savoir !

Lancement officiel

12 décembre 2014, c'est la date du lancement officiel de la CdS. Organisé à la HE-Arc, à proximité immédiate de la gare de Neuchâtel, il réunira des représentants des établissements partenaires, ainsi que des élus et responsables politiques des territoires de l'Arc jurassien. L'occasion de présenter les grands traits de caractère de la CdS, la mise en place du réseau, les outils développés, la création d'ateliers de travail thématiques, les moyens de communication déployés, notamment la fondation d'un site web et la retransmission par *webcast* des événements à portée franco-suisse organisés par les acteurs de la CdS (cf. article page 5). La manifestation est ouverte à tous les enseignants, chercheurs et entrepreneurs intéressés. Inscription préalable sur www.communautedesavoir.org

➡ **Contact** : Aurore Niechajowicz - Université de Franche-Comté - Tél. (0033/0) 7 60 86 61 79 - an@communautedesavoir.org
Alexandre Gabus - arcjurassien.ch - Tél. (0041/0) 32 889 76 76 - ag@communautedesavoir.org

Forêt de Chaux et forêt équatoriale de Guyane : les liens du sol

Une présence d'eau liée à une nappe phréatique, une inondation ou de très fortes précipitations bouleversent le fonctionnement des sols, appelant à identifier et comprendre les processus en jeu à des endroits du globe diamétralement opposés.

Un océan, 10 000 km et des conditions climatiques très différentes les séparent, pourtant les sols de la forêt de Chaux en Franche-Comté et de la forêt équatoriale de Guyane se prêtent à la comparaison. Leur richesse en silice les rend acides, une caractéristique favorable à l'étude des réactions chimiques qui s'y développent. Et les fortes variations du niveau des eaux régulièrement subies par le département d'outre-mer sont des conditions extrêmes qui mettent en relief les observations relevées en forêt de Chaux. Au laboratoire Chrono-environnement, Éric Lucot est pédologue et Marc Steinmann géochimiste. Ils combinent leurs spécialités dans une étude originale menée à long terme pour mieux connaître le fonctionnement hydrique des sols sous les deux latitudes.

Mesure des niveaux d'eau

La variation du niveau des eaux est surveillée deux fois par jour grâce à des sondes automatiques, une méthode appelée « suivi des battements de nappe ». Les résultats de plusieurs années d'enregistrements donnent du recul et bousculent certaines idées établies, cela sur les deux sites. En forêt de Chaux par exemple, on pensait qu'après des épisodes de pluie, l'eau se contentait de stagner entre la surface du sol et jusqu'à 50 cm en-dessous. « En réalité, elle s'installe en profondeur, dès la mi-novembre et jusqu'au début de l'été », rapporte Éric Lucot. Ce qui change tout. Cette nappe impacte de manière significative le fonctionnement du sol, assez pour remettre en question le choix des essences forestières à planter. Un enjeu important pour l'entretien d'une forêt réputée parmi les plus importantes de France. « Le chêne pédonculé résiste beaucoup mieux à l'en-

noyage régulier que le chêne sessile. Tenir compte du fonctionnement hydrique des sols pourrait rendre plus efficaces les préconisations en matière de gestion forestière. »

Suivi chimique

L'analyse chimique est une autre source d'information, qui gagne en pertinence dès lors qu'elle tient compte de la variation du niveau des eaux. L'ennoyage modifie la teneur en oxygène des sols et influence la stabilité des oxydes de fer. Ces oxydes sont essentiels au bon fonctionnement des écosystèmes et abondent dans les sols des forêts de Chaux et de Guyane. Parmi les éléments qu'ils renferment, Marc Steinmann s'intéresse tout particulièrement aux terres rares, des éléments chimiques métalliques connus pour être de bons marqueurs de la dissolution et de la

précipitation des oxydes.

« Comparer le spectre des terres rares à différents stades d'ennoyage dans les deux régions permet d'aller plus loin dans la



compréhension des processus chimiques et minéralogiques à l'œuvre », explique Marc Steinmann.

Les terres rares seraient aussi potentiellement des marqueurs de transfert de pollution, une hypothèse que le chercheur veut vérifier en regardant comment les métaux lourds et autres polluants se déplacent en fonction de l'ennoyage des sols.

Photos Chrono-environnement - UFC

► **Contact :** Éric Lucot - Marc Steinmann - Laboratoire Chrono-environnement - Université de Franche-Comté / CNRS

Tél. (0033/0) 3 81 66 57 82 / 65 46 - eric.lucot@univ-fcomte.fr / marc.steinmann@univ-fcomte.fr

Les spins, prochainement dans nos ordinateurs ?

L'ordinateur quantique ? Bien du chemin reste à parcourir avant qu'il prenne place sur nos bureaux... Cependant, la physique théorique avance à grands pas sur le sujet. L'une de ses pistes les plus prometteuses concerne l'utilisation, comme supports d'information, d'éléments aimantés accrochés aux noyaux des atomes, les spins.

En informatique, performance et miniaturisation vont de pair : plus ses composants sont petits, plus un ordinateur est puissant. Mais en-dessous du seuil fatidique de 50 nm, auquel nous parvenons aujourd'hui, les lois de la physique quantique se substituent à celles de la physique classique, et ouvrent la porte à un autre monde, défiant l'imagination et les connaissances, où tout doit être réinventé. Les scientifiques travaillent à l'ordinateur du futur, pour lequel la technologie du silicium serait abandonnée au profit de composants à base d'atomes, de photons ou de spins, les trois voies les plus explorées dans la recherche de supports d'information pour l'ordinateur quantique.

À l'Institut UTINAM, David Viennot se concentre sur les spins, qu'il définit comme « les plus petits éléments d'aimantation existant dans la matière ». Fixé sur le noyau d'un atome, un spin agit comme une boussole : il indique une direction et son opposé, en fonction du champ magnétique auquel il est soumis. Cet état binaire le rapproche naturellement de la structure d'un bit, l'unité d'information des systèmes informatiques actuels, composé de deux valeurs, pour l'essentiel les chiffres 0 et 1. Également binaire, le qbit est l'homologue du bit pour les systèmes quantiques. L'idée est de faire passer les spins d'un état à l'autre sous l'influence d'un champ magnétique, afin qu'ils

réalisent les calculs complexes assurant le traitement de l'information. En modélisation comme en pratique, les spins sont faciles à manipuler, tout comme les matériaux ferromagnétiques qui les abritent. Leur nature binaire favorise la maîtrise de leur sensibilité à la « décohérence », qui regroupe les perturbations susceptibles de gêner le fonctionnement des systèmes quantiques et d'empêcher l'accès à l'information. Les principes posés, il s'agit désormais de faire réaliser aux spins une opération de calcul, puis une autre, jusqu'à ce que celles-ci forment un programme de traitement de l'information. Il faut pour cela trouver les « portes logiques » correspondant à chacune de ces opérations, c'est-à-dire déterminer des paramètres comme l'angle ou la force d'application du champ magnétique sur les spins afin qu'ils adoptent les comportements voulus. Pour y voir un peu plus clair, David Viennot a élaboré un programme pour visualiser ces scénarios sous forme graphique. Pour la première fois, la préfiguration d'une porte logique se dessine sur écran, laissant apparaître à la fois la représentation de la décohérence et le comportement du spin selon les variations du champ magnétique. « Ces résultats montrent qu'il est possible de produire des outils graphiques et de rendre concrète une approche qui, il y a deux ans encore, n'était que théorie spéculative », raconte le chercheur.

À l'intersection de la physique, des mathématiques et du numérique

« Géométrie de catégories », l'expression n'est que peu utilisée par les chercheurs, d'ailleurs peu nombreux de par le monde à s'intéresser à ce domaine émergent des mathématiques. Depuis une dizaine d'années, cette géométrie d'un nouveau genre s'intéresse davantage à définir les règles de construction d'un objet qu'à la construction même de cet objet. De telles règles d'assemblage sont en effet inédites, elles permettent par des biais détournés de s'affranchir du phénomène de décohérence, voire de l'utiliser pour mener à bien le traitement de l'information quantique (cf. *en direct* n°243, juillet-août 2012). « Ma démarche se situe au croisement des besoins de la physique et des ressources des mathématiques », explique le chercheur, qui assure que « la physique de l'avenir a besoin de ce genre de géométrie ».

➔ **Contact** : David Viennot - Institut UTINAM - Université de Franche-Comté / CNRS - Tél. (0033/0) 3 81 66 69 16 - david.viennot@univ-fcomte.fr

Usines de guerre

En 1914, la mobilisation concerne aussi les entreprises à l'arrière du front, et l'outil de production français connaît une véritable métamorphose sous l'influence du conflit. L'exemple des composantes historiques de l'actuel groupe PSA PEUGEOT-CITROËN en est une parfaite illustration. Ce thème a été mis en avant pour commémorer le centenaire de la Grande Guerre dans une exposition itinérante réalisée à l'initiative du Centre d'archives de Terre Blanche, Usines de guerre, préparée avec le concours des chercheurs des laboratoires IRTES-RECITS de l'UTBM et IDHES de l'université d'Evry-Val-d'Essonne : un regard scientifique complémentaire à un travail de recherche documentaire d'envergure, pour un témoignage inédit.

1914. À la fin de l'été, il apparaît clairement qu'il faut renoncer à l'idée d'un conflit de courte durée. Le gouvernement français enrôle alors ses usines dans un effort de guerre dont le système de production prévalant jusque-là ne sortira pas indemne.

L'entreprise doit s'adapter pour fournir les obus, moteurs de chars d'assaut, automitrailleuses blindées ou poussettes porte-brancards dont la guerre a besoin. Le savoir-faire de PEUGEOT, centré sur le travail du métal et du bois, orientera l'entreprise vers une production diversifiée. PANHARD abandonne son projet de fonderie et suspend ses activités principales pour se consacrer à la production d'obus, une fabrication que CITROËN va également assurer en construisant l'usine devenue célèbre du quai de Javel à Paris.



Usine de carrosserie. Présentation de Torpédos 153 BRA transformées en automitrailleuses blindées. Usines des Automobiles et Cycles Peugeot, Mandeure (Doubs), 1914. FDPMHI

Entre production traditionnelle et organisation à l'américaine

« Les sites du pays de Montbéliard, berceau historique de ces entreprises, restent actifs malgré leur proximité du front : canaux et chemin de fer continuent de rendre leur approvisionnement possible », raconte Fabien Lehouelleur, directeur de la communication du Centre d'archives de Terre Blanche. La production de masse attendue nécessite de reconsidérer complètement l'outil de production et l'organisation du travail. Les usines adoptent rapidement les méthodes américaines et notamment le taylorisme, qu'elles considéraient encore avec prudence juste avant-guerre. La production de l'usine CITROËN du quai de Javel passe ainsi de 5 000 obus par jour en 1915 à 40 000 en 1918.



Tours et meules d'ébarbage. Fabrication d'éléments pour obus de 75 mm de type Shrapnel. Usines des Automobiles et Cycles Peugeot, Audincourt (Doubs), 1917. FDPMMH



Outre la mécanisation des ateliers et de la manutention, ces nouvelles méthodes sont aussi le moyen de faire exécuter plus facilement des tâches assurées par une main d'œuvre féminine et immigrée, souvent peu qualifiée. La donne est nouvelle également d'un point de vue social. L'organisation doit tenir compte de nouvelles législations comme l'augmentation de la durée légale du temps de travail ou l'instauration du travail de nuit, et de l'explosion des effectifs. PEUGEOT qui comptait 2 575 employés en 1912, en porte 6 148 sur ses registres en 1917.

À l'intérieur des usines, des services et groupements sont mis en place pour assurer l'alimentation du personnel des usines de guerre. Ils bénéficieront même d'un office national à partir de 1917. « Ces structures de ravitaillement ont perduré jusque dans les années 1980 dans la région, sous l'enseigne RAVI qui était la propriété de PEUGEOT », explique Pierre Lamard, directeur du laboratoire IRTES-RECITS.

Au sortir de la Grande Guerre, l'entreprise ne sera plus jamais la même. Le secteur automobile régional se développe sur de nouvelles bases nommées modernisation, compétitivité, spécialisation et rationalisation. En 1919, la Citroën Type A10HP est la première automobile européenne construite en grande série. Elle inaugure une nouvelle ère industrielle fondée sur la production de masse. Mais ceci est une autre histoire...

Sorcières !

Jean-François Pic de la Mirandole se retourne-t-il dans sa tombe chaque année lorsque sont célébrés sorcières et démons à Halloween ? C'est qu'à la fin du Moyen Âge, on ne plaisantait pas avec les créatures du Diable, et Jean-François Pic, philosophe et écrivain italien, plus que tout autre peut-être, défend l'idée que la sorcellerie n'est pas affabulation de femmes hystériques, mais fait réel. Ses écrits participent au mouvement de pensée marquant de façon définitive la fin d'un débat crucial : à l'aube de la Renaissance, après plusieurs siècles de doute et d'indécision, il est « définitivement établi que la sorcellerie relève de l'hérésie ». La citation est d'Alfredo Perifano, philosophe et historien, chercheur à l'Institut des sciences et techniques de l'Antiquité (ISTA) de l'université de Franche-Comté. Elle est tirée de son introduction à l'ouvrage de Jean-François Pic, *Dialogue en trois livres sur la tromperie des démons*, écrit en latin et paru en 1523, dont il a assuré la traduction et le commentaire¹.

« Cet ouvrage méconnu est en réalité le premier à étayer d'éléments scientifiques la thèse selon laquelle les manifestations de sorcellerie sont des phénomènes réels, et tout particulièrement lors des rites du sabbat, une réunion nocturne dédiée à Satan.

Controverses autour d'un balai de sorcière

Au commencement était le *Canon episcopi*, soi-disant daté du IV^e siècle et d'obédience ecclésiastique, une réputation doublement usurpée qui se découvrira bien plus tard. En attendant, le livre fait autorité au Moyen Âge. Il soutient que les sorcières se déplaçant dans les airs à dos d'animaux sont le produit d'une imagination insufflée par les démons, et que croire à ces élucubrations relève de la superstition.

« Le démon est une réalité que ne conteste aucune religion monothéiste, explique Alfredo Perifano. Mais son pouvoir peut s'exprimer de différentes manières. » Ici responsable du délire de femmes hystériques à qui il impose des visions ridicules, il prend une tout autre compétence dans un texte de 1486, qui fait date dans l'histoire de la sorcellerie. *Mallus maleficarum*, le nom sonne comme un sorti-lège tout droit sorti de *Harry Potter*, mais *Le marteau*

des sorcières est en réalité un ouvrage de référence à l'usage des inquisiteurs. Il prend le contrepied des idées avancées dans le *Canon episcopi*, et établit de manière définitive l'authenticité des manifestations de sorcellerie. Sa démonstration s'appuie sur les Écritures, seules détentrices de la vérité. La possibilité donnée à un être humain de voler n'est pas une affabulation, elle est l'œuvre du démon et le phénomène trouve sa justification dans la Bible. Saint-Matthieu ne raconte-t-il pas que pour punir Jésus d'aussi bien résister à la tentation qu'il lui soumet, le Diable, grâce à son pouvoir spirituel, le transporte sur le pic du temple ?

Manœuvres démoniaques

Comme le *Mallus maleficarum*, l'ouvrage de Jean-François Pic se montre virulent envers la sorcellerie. Il apporte une dimension supplémentaire en montrant par quelles fables et ruses le démon mystifie les foules lors du sabbat pour donner à croire que les phénomènes surnaturels qui se produisent lors de cette réunion nocturne entre humains et démons sont le fruit de l'imagination. L'auteur assène ses preuves sous forme d'un dialogue entre Apistius (sans foi) qui ne croit pas à la réalité du sabbat, un sage et un juge, dont la réflexion est nourrie par le témoignage d'une sorcière. L'argumentaire s'appuie sur des vérités établies scientifiquement ou religieusement, avec de nombreuses références à l'Antiquité. À la fin du récit, Apistius est convaincu et prend une nouvelle identité, Pisticus (l'homme qui croit), symbole de sa foi nouvelle.

Le livre est écrit et édité très rapidement, sa parution intervient alors que s'élèvent les protestations contre les bûchers et les procès en sorcellerie intentés dans le comté de Mirandole à cette époque. Il est un plaidoyer supplémentaire en faveur de l'Inquisition, qui dès lors qu'elle les avait déclarées hérétiques, avait lancé la chasse aux sorcières.



¹ *La sorcière - Dialogue en trois livres sur la tromperie des démons*, Jean-François Pic de la Mirandole, 1523. Texte établi, traduit et commenté par Alfredo Perifano, *De diversis artibus*, « collection de travaux de l'académie internationale d'histoire des sciences », éd. Brepols, 2007.

The image features a rustic stone wall made of irregular, light-colored stones. A rectangular opening in the wall provides a view of a misty, mountainous landscape. The text is centered within this opening. The bottom part of the image shows a darker, more detailed stone wall, suggesting a continuation of the structure.

Le grand saut dans la réalité virtuelle

Il faut aller plus loin pour parler véritablement de réalité virtuelle. L'immersion doit s'opérer avec tous les sens, dans un monde virtuel avec lequel il est possible d'interagir en temps réel. Elle se produit par l'intermédiaire de casques ou de plateformes de réalité virtuelle. Là, le jeu est d'un autre niveau, il est même l'apanage de spécialistes des plus sérieux.





par rapport à la perception réelle. Mes recherches ont pour but de définir les limites et les potentialités de la réalité virtuelle au vu de la réalité des comportements humains. »

Le souci de la compréhension de l'homme s'exprime aussi au cœur du programme de la formation EDIM, où des étudiants suivent des enseignements de réalité virtuelle. « Partir des mêmes éléments de connaissance favorise la coopération entre les différents acteurs de la conception », explique

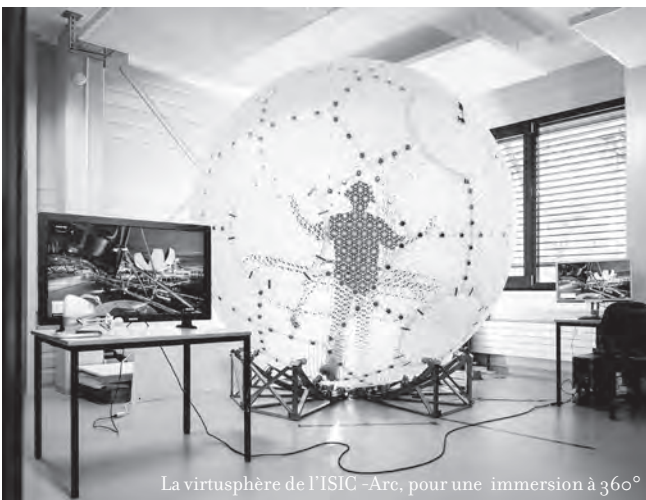
Jean-Claude Sagot. La plateforme de réalité virtuelle immersive est ainsi à la disposition de l'enseignement comme de la recherche.

Elle comprend notamment un système de visualisation à trois écrans composé de deux murs de 2,10 m x 3,36 m et d'un sol de 3,36 m² pour une vision stéréoscopique, un système optique de capture de mouvements de l'utilisateur (tête, main, pieds), et des gants de données pour la récupération de la gestuelle des doigts.

Rois de l'illusion

Des équipements de haute technologie dont peut également se prévaloir l'Institut des systèmes interactifs et communicants (ISIC) de la Haute Ecole Arc. Ici, la plateforme de réalité virtuelle prend l'allure d'une sphère de 3 m de diamètre pour une immersion encore plus totale. La virtusphère est capable de tourner dans toutes les directions, guidée par les mouvements de l'utilisateur qui, placé dans son ventre, reçoit le soutien d'une rampe à laquelle s'accrocher en cas de défaillance... Les images de l'environnement virtuel lui sont communiquées par l'intermédiaire d'un casque. « On peut se mettre dans la peau d'un robot et le commander de façon intuitive. Le test est plus concluant qu'avec un *joystick* et se révèle au plus proche de la réalité d'utilisation, un aspect essentiel pour le domaine de la téléprésence par exemple », raconte Didier Rizzotti, responsable de l'ISIC-Arc. Avec une image à 360° sans raccord, la virtusphère offre indéniablement des possibilités particulières par rapport aux autres systèmes de réalité virtuelle. Il n'en existe que deux exemplaires en Europe, la seconde étant hébergée en Allemagne.

Autres forces de l'ISIC : un super calculateur travaillant avec une dizaine de cartes graphiques pour la production d'images et le calcul intensif, et un scanner 3D pour reproduire un objet réel et l'injecter dans un environnement virtuel sous forme de modèle virtuel. Il est temps, à ce stade, d'aborder la notion de réalité augmentée, dont le principe est fondé sur l'ajout d'éléments. Cette fois il s'agit de modifier l'apparence d'un objet ou d'un contexte réels grâce à un additif virtuel. Si la technologie est ici plus récente et n'atteint pas encore le degré de maturité de la réalité virtuelle, elle est déjà largement utilisée et



La virtusphère de l'ISIC -Arc, pour une immersion à 360°

se montre prometteuse. L'ISIC la manipule dans différentes applications, et ses premières réalisations, à destination de musées en Suisse, sont très explicites. La projection d'une image-texte se superposant parfaitement à l'inscription à demi effacée d'une dalle antique rend sa lecture aussi aisée que si la dalle venait d'être gravée. Mêmes conclusions pour un vase aux motifs fanés reprenant vie, ou pour une pièce d'archéologie incomplète qui retrouve ses contours d'origine.



L'illusion est créée grâce à des lunettes spéciales. Semi-transparentes, elles permettent de voir la scène réelle en même temps que l'image supplémentaire apportée par un écran qu'elles dissimulent. Captant des motifs disposés autour de l'objet comme autant de points de repère, une caméra, également placée dans les lunettes, enregistre toute variation dans l'angle de visualisation de ces motifs, correspondant aux mouvements effectués par la personne qui porte les lunettes. La caméra est ainsi à même de guider la projection de l'image virtuelle et d'adapter en permanence sa superposition à l'objet réel, quelle que soit la position prise pour regarder l'objet. « Ces applications patrimoniales correspondent aux prémices de la réalité augmentée. La santé est un domaine que nous sommes aujourd'hui en mesure d'aborder », raconte Didier Rizzotti. Ainsi, une expérience sur les « membres fantômes » est actuellement en test au CHUV de Lausanne, pour soulager de leurs douleurs des personnes amputées. « Des phénomènes de distorsion apparaissent chez ces per-



La réalité augmentée matérialise un membre amputé

sonnes qui imaginent leur membre disparu tordu ou plus grand qu'il ne l'était en réalité. C'est ce décalage qui crée la douleur. » Or, la vue est le sens qui prime sur les autres : en redonnant une existence visuelle au membre perdu, la réalité augmentée corrige les impressions erronées ressenties par le patient. Et elle fait mieux que les miroirs habituellement utilisés en thérapie. Les personnes peuvent commander leurs deux membres, réel et virtuel, de façon indépendante, comme s'ils cohabitaient toujours, par

La réalité augmentée sur la place publique



une toile imaginaire. Une œuvre que chacun des artistes en herbe du public aura eu à cœur de sauvegarder avant de la voir effacée à la manière d'une ardoise magique pour le Picasso suivant.

« Les étudiants ont travaillé en situation réelle, avec un délai imposé et des contraintes techniques. Outre la mise au point du produit de réalité augmentée lui-même, il leur a fallu gérer la réalisation de l'installation, depuis la création d'une affiche explicative jusqu'à la mise en place de liens internet en passant par la manière de placer le public sur un stand de 9 m² pour qu'il puisse interagir avec l'écran, sans interférer dans la projection des images », raconte Benoît Piranda, responsable du master.

Car si la technique est au cœur des procédés innovants utilisés en réalité augmentée, elle est avant tout pour les étudiants un support à leur créativité et à la conception d'une chaîne de fabrication dont ils connaissent chaque maillon. « La plus-value de cette formation, dont il n'existe que peu d'équivalents en France, c'est la maîtrise de la conception du contenu d'un produit multimédia. Les étudiants sont capables de décomposer les étapes à réaliser et d'y associer les personnes-ressources et les bonnes compétences. Ce sont d'ailleurs des tâches qu'ils peuvent prendre en charge car ils apprennent aussi la polyvalence et font preuve d'une grande capacité à créer. » Ces gestionnaires de projets affûtés aux technologies les plus modernes intéresseront en priorité les services et agences de communication pour la création publicitaire, événementielle ou de spectacle.

La difficulté réside ici dans la synchronisation de la pièce virtuelle avec les mouvements de la machine, ainsi que dans la façon de gérer les occlusions apparaissant lorsque les composantes réelles de cette dernière passent devant l'image virtuelle.

Les applications de la réalité augmentée sont donc multiples et l'ISIC en fait une brillante démonstration. « Nous espérons voir naître de nos travaux une *start-up* qui serait susceptible à l'avenir de valoriser notre savoir-faire dans une démarche industrielle et commerciale », rapporte Didier Rizzotti.

Une *start-up*, l'idée a justement fait son chemin de l'autre côté de la frontière, de Belfort à Strasbourg. Installée dans les deux villes, VOXELIA est une émanation du laboratoire IRTES-SeT de l'UTBM, et travaille toujours main dans la main avec les informaticiens de l'équipe ICAP. Tous sont spécialistes de la génération automatique d'univers virtuels, VOXELIA représentant un vecteur de valorisation de cette technologie auprès du monde économique.

deux heures ont été nécessaires pour représenter les 140 km de la LGV Rhin-Rhône, quand des infographistes auraient passé plusieurs semaines pour les réaliser manuellement », raconte Olivier Lamotte. « Et plus les objets à représenter sont nombreux, plus la simulation est complexe et nécessite de calculs, témoigne à son tour Renan Zéo, l'un des fondateurs et responsables de VOXELIA. C'est une performance technologique que nous maîtrisons bien. »



Les 140 km de la LGV Rhin-Rhône fidèlement reproduits dans un univers virtuel

Résultat : des maquettes numériques avec lesquelles créer des scénarios à l'infini, et qu'il est possible d'améliorer et de mettre à jour régulièrement, de façon automatique, avec une grande précision dans le détail. Bitume ou concassé, la nature du sol est



Le simulateur de conduite est la réplique exacte de la cabine de pilotage Prima II

traduite en informations numériques, tout comme la typologie haussmannienne de la façade d'un bâtiment ou la tuile mécanique des toits d'un quartier, pour une maquette au plus proche de la réalité, servant non seulement un fidèle rendu, mais aussi et surtout à une exploitation des plus fiables. Les informations proviennent du SIG (Système d'information géographique), des cadastres, des vidéos Google Car ou encore de prises de vues aériennes pour les maquettes de villes, et des fichiers de conception et de réalisation d'ouvrages, comme dans le cas de la LGV. Le long des 140 km de voies reproduites, les sapins et autres conifères donnent une impression crédible de décor comtois, mais sont plantés au hasard,

de sa réalité. Fruit d'un partenariat entre ALSTOM TRANSPORT, l'IRTES-SeT et VOXELIA, le simulateur de conduite est la copie conforme d'une cabine de pilotage Prima II avec son pupitre, ses boutons, ses alarmes et ses écrans d'ordinateur. Le tout pour une simulation de trajet des plus réalistes. « Il s'agit bien de simulation et non d'animation, précise Olivier Lamotte. Nous pouvons anticiper le comportement réel d'un train, connaître la capacité d'une locomotive à tracter une charge inhabituelle ou calculer sa vitesse dans les pentes. » L'incidence de la construction de nouveaux bâtiments en milieu urbain ou l'impact d'un nouveau carrefour sur la circulation se prêtent de la même manière à des scénarios d'anticipation.

Quand la passion d'adolescence grandit...

La société HÉRITAGE VIRTUEL baigne elle aussi dans ces mondes parallèles qu'elle s'emploie à créer. Pierre Rupp et Loïc Thirion Lopez, ses cofondateurs, ont tous deux suivi les enseignements en histoire de l'université de Franche-Comté dont ils sont diplômés, mais sont autodidactes pour tout ce qui concerne la technique. Leur passion pour les jeux vidéo, les logiciels de retouches d'images, la photo, la vidéo et la 3D, aidée par quelques petits jours de formation, est passée au fil des ans du statut de loisir à celui d'activité professionnelle, avec la farouche volonté de toujours mieux maîtriser la technologie. Quelques années de développement à l'incubateur de Franche-Comté ont donné une bonne assise à l'entreprise et sa réputation, après sept ans d'activité, n'est plus à faire. Les réalisations concernent l'in-

dustrie, l'architecture et le patrimoine bien sûr, avec les collectivités publiques pour principaux clients. Reconstitution de la place Saint-Étienne à Toulouse telle qu'elle apparaissait en 1890, de la ville de Besançon lorsqu'elle a été redessinée par Vauban, témoignage de l'évolution de la ville de Quimper à travers les âges, de Cherbourg avant qu'elle soit dévastée par les bombardements, visite du théâtre de Chaillot à des époques clés de sa transformation..., la fibre historique a toujours différents contenus multimédia pour s'exprimer. « L'histoire récente est évidemment la plus facile à aborder. Lorsqu'on remonte le temps, les archives font souvent défaut et cela devient compliqué de reconstituer une abbaye ou un château vieux de plusieurs siècles dont il ne reste que des ruines », raconte Loïc Thirion Lopez.

Visite touristique scénarisée

Valorisation du patrimoine et réalité augmentée font très bon ménage. Lorsque Francesco Termine et son équipe de la Haute école de gestion Arc proposent leurs solutions exploitant la réalité augmentée à différents sites touristiques en Suisse, c'est l'enthousiasme. Leurs visites vont désormais s'enrichir de pages d'histoire et de scènes tirées du passé pour un voyage dans le temps express. Grâce au dispositif MTIS (*Mobile tourist information system*) et à une tablette qu'ils dirigent vers un point précis, les visiteurs en balade vont s'immerger dans une réalité parallèle, par l'intermédiaire d'une image, d'une vidéo ou d'une forme en 3D.

À la Chaux de Fonds, un bâtiment désaffecté reprend vie par écran interposé sous forme d'un atelier horloger très actif au début du XX^e siècle. À Porrentruy, un buste s'anime sur son socle sous les traits d'un comédien qui se substitue au personnage de bronze pour raconter une tranche de l'histoire de la ville. Des traces de fossiles au fond d'une fontaine renaissent sous la forme des organismes qu'ils ont été un jour, une superposition saisissante pour réussir à les identifier. À Orbe, des mosaïques sont prétexte à faire renaître l'immense villa romaine dont elles sont les seuls vestiges, et d'en découvrir le luxueux intérieur en compagnie de Lucius, son propriétaire-acteur. Plusieurs itinéraires, très différents dans leurs contenus puisqu'il y est question de chevaux tout autant que de vieilles pierres, ont pu être testés au cours de l'été.

Père du projet MTIS, Francesco Termine ose à peine avouer le « retour fantastique » qu'ont suscité certaines applications. « La réalité augmentée est utilisée sur certains points d'intérêt de nos parcours touristiques, c'est une technique d'illustration permettant une interaction ludique entre le visiteur et le site. »

Car l'application est le fruit d'une collaboration de spécialistes : archivistes, archéologues, his-



La Chaux de Fonds, 26 mai 1913



toriens, informaticiens, comédiens... chacun a son rôle à jouer dans la production de ce guide touristique du futur. L'expérience, concluante, menée à la Haute Ecole Arc avec le soutien financier d'arcjurassien.ch, appelle de nouveaux développements. Francesco Termine espère qu'elle donnera lieu à la création d'une *start-up*, pour la poursuite d'un scénario... bien réel celui-là.

► Contacts :

Jean-Claude Sagot / Florence Bazzaro - Laboratoire IRTES-SeT - Équipe ERCOS - Département EDIM - UTBM
Tél. (0033/0) 3 84 58 30 70 / 34 59 - jean-claude.sagot@utbm.fr / florence.bazzaro@utbm.fr

Olivier Lamotte - Laboratoire IRTES-SeT - Équipe ICAP - UTBM - Tél. (0033/0) 3 84 58 33 44 - olivier.lamotte@utbm.fr

Benoît Piranda - Département DISC - Département d'informatique des systèmes complexes
Institut FEMTO-ST - Université de Franche-Comté / ENSMM / UTBM / CNRS - Tél. (0033/0) 3 81 99 47 74 - benoit.piranda@femto-st.fr

Francesco Termine - Haute école de gestion Arc - Tél. (0041/0) 32 930 20 20 - francesco.termine@he-arc.ch

Didier Rizzotti - ISIC - Institut des systèmes interactifs et communicants - Haute école Arc Ingénierie - Tél. (0041/0) 32 930 22 09
didier.rizzotti@he-arc.ch

Renan Zéo - Société VOXELIA - Tél. (0033/0) 3 70 99 50 06 - info@voxelia.com

Loïc Thirion Lopez - Société HÉRITAGE VIRTUEL - Tél. (0033/0) 3 81 25 29 89 - contact@heritage-virtuel.com

////////////////////////////////////

EN DIRECT

Direction de la valorisation - Université de Franche-Comté
Tél. (0033/0) 3 81 66 20 95 / 20 88 - endirect@univ-fcomte.fr
<http://endirect.univ-fcomte.fr>

Directeur de la publication : Jacques Bahi. Rédaction : Catherine Tondou. Composition : Marie-Pierre Terreaux et Rudolf van Keulen. Conception graphique : Gwladys Darlot. Impression : Simon graphic, Ornans / Imprim'vert.

en direct est édité par :

Université de Franche-Comté
1, rue Claude Goudimel - 25030 Besançon cedex
Président : Jacques Bahi - Tél. (0033/0) 3 81 66 50 03

en association avec :

Université de technologie de Belfort-Montbéliard
90010 Belfort cedex
Directeur : Pascal Brochet - Tél. (0033/0) 3 84 58 30 00

École nationale supérieure de mécanique et des microtechniques
Chemin de l'Épitaphe - 25030 Besançon cedex
Directeur : Bernard Cretin - Tél. (0033/0) 3 81 40 27 00

Université de Neuchâtel
Avenue du 1^{er} mars 26 - CH - 2000 Neuchâtel
Rectrice : Martine Rahier - Tél. (0041/0) 32 718 10 00

Haute Ecole Arc
Espace de l'Europe 11 - CH - 2000 Neuchâtel
Directrice : Brigitte Bachelard - Tél. (0041/0) 32 930 11 11

Établissement français du sang Bourgogne - Franche-Comté
1, boulevard A. Fleming - 25020 Besançon cedex
Directeur : Pascal Morel - Tél. (0033/0) 3 81 61 56 15

Avec le soutien du Conseil régional de Franche-Comté et du Conseil général du Territoire de Belfort. ISSN: 0987-254 X. Dépôt légal : à parution. Commission paritaire de presse : 2262 ADEP - 6 numéros par an. Pour s'abonner gratuitement, formulaire en ligne sur <http://endirect.univ-fcomte.fr>

////////////////////////////////////