



*Un campus connecté dans lequel les objets communiquent : les smartphones, les ordinateurs des bureaux, les commandes du chauffage, les commandes des stores, les vidéo-projecteurs dans les salles, la station météo...*

## Le campus du futur

En juin 2013, Bertrand Monthebert, président de l'université Toulouse III Paul Sabatier, lançait l'opération neOCampus. Son objectif : concevoir le campus du futur, innovant, intelligent et durable. Cette opération fait appel au potentiel de 7 laboratoires de l'université Paul Sabatier : CIRIMAT, ECOLAB, IRIT, LAAS, LAPLACE, LMDC et PHASE. Elle a vocation à s'ouvrir à d'autres laboratoires comme par exemple l'IDET-COM et le LISST. C'est une approche systémique qui prend en compte les aspects environnementaux, sociétaux et économiques du changement. Elle impliquera donc de nombreuses compétences disciplinaires notamment sur l'énergie, le numérique, le génie électrique, les matériaux, la robotique, la biodiversité... Toutes seront exploitées dans le même but : améliorer le confort et la qualité de vie au quotidien sur le campus tout en diminuant l'empreinte écologique et en réduisant les coûts de fonctionnement (fluides, électricité, eau...).

### Petite ville, mais système complexe

Le campus du futur est basé sur de nombreux dispositifs matériels et logiciels interconnectés alliant matériels pédagogiques innovants, capteurs, systèmes de stockage, de distribution et de gestion de l'énergie, de stockage de données, de localisation, de simulation et des matériaux innovants au sein de bâtiments universitaires et du campus pour augmenter la qualité de vie des usagers et réduire les consommations de fluides. Le campus est un système complexe composé de multiples dynamiques, de non-linéarités rendant imprévisibles toutes les conséquences d'un changement, même minime. C'est une petite ville où vivent, étudient et travaillent de nombreux usagers dont les activités influencent la vie du campus. La démarche de neOCampus est donc nécessairement évolutive et adaptative, fondée sur l'auto-régulation de cette multitude de dispositifs disséminés à l'intérieur et à l'extérieur.

### Evolution rapide

Nous vivons dans un monde où la technologie évolue très vite, personne ne peut prédire de quoi sera fait le campus en 2030. C'est pourquoi neOCampus est incrémental et ouvert. Incrémental dans le sens où un dispositif (matériel ou logiciel) pourra être ajouté sans remettre en cause



ce qui existe déjà. Cet équipement pourra faire se côtoyer plusieurs générations de capteurs, de logiciels, etc. NeOCampus est qualifié d'ouvert car il restera opérationnel tout en intégrant de nouveaux produits du numérique, qu'ils viennent du marché ou de la recherche.

L'amélioration de la température, de l'éclairage, de la qualité de l'air bénéficieront au confort, mais aussi à la santé des usagers du campus.

Pour contribuer au développement durable et à la transition énergétique, les consommations d'énergie seront réduites grâce à des nouveaux matériaux biosourcés et isolants pour les bâtiments construits ou rénovés. L'électricité sera produite et acheminée de manière distribuée en utilisant des convertisseurs et des réseaux de distribution intelligents et la gestion et la distribution de chaleur seront optimisées pour être plus efficaces.

L'éclairage, qui s'adaptera à la variation de la lumière naturelle, sera automatiquement corrélé avec l'activité des usagers. L'instrumentation massive des bâtiments avec des capteurs et actionneurs autonomes et connectés permettra un bien-être accru des usagers. Des 'bonnes pratiques' seront suggérées aux usagers au travers d'interfaces innovantes.

Dans ce système complexe, une multitude de dispositifs et services interdépendants devront s'auto-adapter quotidiennement en interagissant et en étant au service des usagers.

Tous ces dispositifs sont tournés vers les mêmes objectifs. Il s'agit en premier lieu d'être à haute efficacité énergétique avec des matériaux de construction 100 % recyclables et limitant le dégagement de CO<sub>2</sub>. Les ressources seront optimisées (gestion des salles, gestion des matériels pédagogiques, anticipation du nombre de repas au restaurant universitaire...). Les impacts environnementaux seront réduits, par exemple en apprenant l'organisation optimale des volets, fenêtres, chauffages/climatiseurs, dispositifs qui génèrent de la chaleur (tel l'ordinateur). Le confort sera maximisé, de manière à dégager les usagers de nombreuses contraintes matérielles, et leur permettre d'augmenter leurs performances. De nouveaux services vont émerger (appel automatique, maintenance de matériels, connaissance de l'attente au RU, nouvelles approches pédagogiques, télé-enseignement pour les étudiants malades...). Les usagers se verront suggérer de bonnes pratiques énergétiques et comportementales, qui n'empièteront pas sur leur confort individuel. Enfin, les responsabilités au sein de ce système distribué seront définies.

### Rupture sociétale

NeOCampus fait converger le monde numérique et le monde de l'énergie pour conduire à des ruptures sociétales et techniques importantes. D'un point de vue technique, le projet fait appel à l'intelligence collective provenant de



**Jean-François Cubaynes**, vice-président « Patrimoine » à l'UPS, **Marie-Pierre Gleizes**, responsable de l'opération neOCampus, Professeur UPS (IRIT - Institut de Recherche en Informatique de Toulouse), **François Demangeot**, vice-président « Conseil Scientifique » à l'UPS.



### Contact

[marie-pierre.gleizes@irit.fr](mailto:marie-pierre.gleizes@irit.fr)

l'autonomie et l'interdépendance de la multitude d'objets interconnectés. La commande n'est plus centralisée. Les objets peuvent se connecter et se déconnecter du réseau (apparaître et disparaître). De nouveaux services vont émerger, issus de l'auto-adaptation à la tâche exécutée ou au comportement de l'utilisateur. L'auto-adaptation signifie une adaptation autonome sans intervention du concepteur. Ces services et dispositifs pourront être transférés vers d'autres campus, écoles de la COMUE (COMmunauté d'Universités et d'Établissements). Ce transfert pourrait s'étendre à la ville intelligente ou dans d'autres domaines comme l'aéronautique, le maintien à domicile...

### Show-room

Un show-room a été créé sur le campus scientifique de Rangueil. Il constitue une vitrine des recherches directement issues des laboratoires de l'université. Il a vocation à favoriser des recherches originales avec une forte synergie interdisciplinaire. L'équipement du campus se fera de manière incrémentale, au fur et à mesure des applications réalisées dans le show-room, elles seront étendues aux bâtiments équipés. L'équipement de ce show-room est une première brique au projet ambitieux qui est de transformer le campus en un démonstrateur à grande échelle pour des dispositifs et des services logiciels intelligents. ■



# Des matériaux naturels pour la construction

**Faire du neuf avec du vieux :** les chercheurs du Laboratoire Matériaux et Durabilité des Constructions (LMDC\*) renouvellent les performances de matériaux traditionnels, comme la terre ou le chanvre...



Blocs préfabriqués de béton de chanvre

Les exigences en matière de construction sont nettement renforcées ces dernières années. Les matériaux doivent non seulement ne pas nuire à la santé ni à l'environnement, mais présenter de bonnes performances de durabilité et d'isolation. Le développement de « nouveaux » matériaux de construction à faible impact environnemental est un des objectifs majeurs du Laboratoire Matériaux et Durabilité des Constructions (LMDC).

## Terre crue

Pour de multiples raisons (patrimoniales, écologiques, économiques, etc.), des matériaux utilisés par les hommes depuis des millénaires reviennent sur le devant de la scène comme par exemple la terre crue. Le LMDC coordonne justement le projet Villes et Bâtiments Durables 2013 « Bioterra » de l'Agence Nationale de la Recherche. Il s'agit de maîtriser la prolifération microbienne dans des produits de construction à base de terre crue.

## Bétons de chanvre

D'autres travaux visent à développer et caractériser des matériaux issus de la biomasse animale ou végétale comme le béton de chanvre. Ces

matériaux issus de matières renouvelables (majoritairement des coproduits de l'agriculture) participent au stockage temporaire du dioxyde de carbone et confèrent une inertie hydrique aux parois améliorant le confort des usagers. Un bloc de construction préfabriqué en béton de chanvre (lauréat du concours régional de l'innovation en 2011) a été notamment développé et breveté avec des industriels. Les travaux en cours, conduits dans le cadre du projet néOCampus, se focalisent sur le comportement hygrothermique de ce matériau et son impact sur la performance énergétique des bâtiments. Il s'agit de mesurer et de modéliser à l'échelle de la paroi les transferts de chaleur et de masse de manière à estimer ensuite, à l'échelle du bâtiment, les gains en termes de confort et de consommations énergétiques liés à l'utilisation de ces matériaux biosourcés.

## Résistances mécaniques exceptionnelles

Les bétons fibrés ultra-performants (BFUP), d'usage très récent, se caractérisent par une extrême compacité qui leur confère une durabilité et des résistances mécaniques exceptionnelles. Leurs propriétés permettent de réduire significativement les quantités de matériaux



**Jean-Emmanuel Aubert**, maître de conférences INSA (LMDC), **Thierry Vidal**, maître de conférences INSA (LMDC), **Camille Magniont**, maître de conférences INSA (LMDC), **Gilles Escadeillas**, professeur INSA (LMDC).



## Contact

[gilles.escadeillas@univ-tlse3.fr](mailto:gilles.escadeillas@univ-tlse3.fr)

utilisés et autorisent ainsi des formes affinées et élancées permettant la construction aussi bien d'ouvrages que de mobilier urbain. Cependant, ces nombreux atouts sont contrebalancés par un coût élevé qui freine leur développement. Le LMDC a acquis une forte expérience dans la mise au point de formulations de BFUP pertinentes et rationnelles susceptibles de démocratiser leur usage en incorporant en particulier une addition minérale ultrafine, le métakaolin obtenu par calcination flash. Dans le cadre du projet néOCampus, des formulations inédites seront étudiées sur la base de critères esthétiques, de durabilité et de résistance afin de concevoir des éléments de mobilier urbain adaptés au contexte universitaire. ■

\* LMDC : laboratoire de recherche mixte UPS et INSA de Toulouse.

## + d'infos

- **Formation :** L'intégration des résultats issus de la recherche dans les formations est réalisée avec la participation du LMDC au projet européen PIRATE dont un des objectifs est de compléter les référentiels de compétences des étudiants en Génie Civil sur la construction écologique en terre crue. Des applications locales sont aussi envisagées dans le cadre du projet néOCampus.

# Vers une sobriété énergétique exemplaire

Le campus de Ranguel consomme de l'énergie électrique comme une petite ville. Plusieurs laboratoires ont uni leurs efforts pour rationaliser sa consommation, grâce au concept de réseaux intelligents.

L'université Paul Sabatier consomme aujourd'hui environ 45 millions de kWh/an d'énergie finale, à parts presque égales entre thermique et électricité. Son ambition est de devenir exemplaire en termes de campus verts, en réduisant sa consommation de 10 % par an sur une période de 10 ans. Ce plan s'inscrit dans un plan de rénovation plus vaste. Il fait appel au son fort potentiel d'innovation des équipes de recherche de l'université, qui se doit d'être pilote en termes de minimisation des consommations énergétiques. Cela passe par une gestion optimisée des besoins et de la distribution, et via la production et le stockage d'énergie d'origine renouvelable autant thermique qu'électrique.

## Priorité au confort

L'énergie consommée sert majoritairement à maintenir une bonne qualité des ambiances intérieures. La diminution des consommations doit s'effectuer en assurant aux usagers du campus un haut niveau de confort, par un chauffage et un éclairage adéquat. Le laboratoire PHASE (Physique de l'homme appliquée à son environnement) travaille sur l'analyse des interactions entre les habitants du campus et leur habitat. Ses membres mesurent, depuis un an, des paramètres caractéristiques de l'environnement (températures, éclairage, fermeture des stores, etc.) et évalue les jugements sensoriels des usagers. Ces mesures serviront à valider un modèle



Vue aérienne du bâtiment ADREAM au LAAS  
©Crédit photo : CNRS Photothèque : FRESILLON Cyril

d'interaction homme-environnement qui, une fois intégré à la plateforme de simulation, permettra d'évaluer l'impact des actions des habitants sur les performances énergétiques du bâtiment.

## Optimiser le chauffage

La quasi-totalité de l'énergie thermique sur le campus est utilisée pour les besoins de chauffage d'un parc immobilier vieillissant. Le laboratoire PHASE et le master 'Habitat' travaillent depuis longtemps sur des audits énergétiques et s'appuient sur la simulation thermique dynamique (STD) pour améliorer la performance énergétique des bâtiments. L'objectif est de développer un outil complet permettant, d'une part, de suivre et visualiser en temps réel l'évolution des flux énergétiques localisés ou répartis, d'autre part de structurer et mutualiser la connaissance et l'expertise du parc immobilier et son impact énergétique pour mettre les compétences acquises au service du patrimoine existant et futur, et enfin de réaliser des modèles réduits de comportement thermique de chaque bâtiment, afin de les coupler pour simuler et optimiser la gestion de l'énergie sur l'ensemble du campus. Tout cela suppose de recueillir, stocker, traiter, exploiter et partager des flux considérables de données, dont il faudra assurer la compatibilité et la sécurisation.

## Sources renouvelables

La production d'électricité à l'échelle d'un campus est un réel défi qui rejoint les travaux de recherche nationaux et internationaux sur les micro-grids, mini-grids et smart-grids. Ce campus offre un potentiel comparable en termes de consommation à une petite ville. Diverses pistes de faisabilité sont à l'étude pour insérer massivement des sources d'énergies renouvelables. Le LAAS a une expertise reconnue dans la conversion photovoltaïque et en particulier, sur l'efficacité énergétique de ces systèmes et leur optimisation (vieillesse, modulation de la luminosité, etc.) en vue de leur intégration dans les bâtiments. La plateforme d'essais, le bâtiment ADREAM, permet d'étudier les performances en conditions réelles. L'exploitation des



**Françoise Thellier**, professeur UPS (laboratoire PHASE), **Corinne Alonso**, professeur UPS (LAAS), **Etienne Bertaud du Chazaud**, professeur agrégé UPS (laboratoire PHASE), **Patrice Simon**, professeur UPS (CIRIMAT).



## Contact

[alonsoc@laas.fr](mailto:alonsoc@laas.fr)

données recueillies sur la plateforme servira de pré-validation avant déploiement à plus grande échelle sur le campus.

## Stocker l'énergie électrique

Le stockage de l'énergie électrique est le seul moyen de décorrélérer dans le temps la production de la demande d'énergie. Le système de stockage à grande échelle le plus utilisé est hydraulique, mais le plus largement utilisé à diverses échelles reste incontestablement le stockage électrochimique avec les super-condensateurs et les batteries. Le CIRIMAT travaille sur la mise au point de nouveaux matériaux pour les systèmes de stockage électrochimique tels que les supercondensateurs et les accumulateurs Li-ion, en développant en particulier des compétences sur la synthèse de carbones nanoporeux et de matériaux nanostructurés. Très fortement impliqué dans le réseau national sur le stockage électrochimique de l'énergie, il développe aussi des recherches sur les nouvelles chimies telles que les batteries Na-ion ou Li-air. Le stockage de masse est également abordé avec l'étude de nouveaux concepts de batteries Rédox Flow (batteries à circulation).

## Récupérer l'énergie des « clouds »

Les ordinateurs consomment de l'énergie électrique mais produisent de la chaleur, il est intéressant d'optimiser ces systèmes. L'IRIT travaille sur l'économie d'énergie dans les systèmes distribués à grande échelle tels que les « clouds », en tenant compte de la caractéristique intermittente de certaines sources d'énergie. Les algorithmes développés tiennent compte de plusieurs objectifs et utilisent différentes heuristiques, alliant des algorithmes génétiques mais aussi des algorithmes gloutons multi-objectifs. Ces algorithmes sont évalués théoriquement grâce à de la programmation linéaire mais aussi sur des infrastructures physiques à grande échelle comprenant plusieurs centaines de machines. Des études plus fines à base de simulateurs permettent aussi de modéliser les centres de données utilisés dans le cloud universitaire en allant jusqu'à la modélisation des flux d'air. ■

# Optimiser l'éclairage pour économiser l'énergie du campus

En repensant le système d'éclairage du campus, des chercheurs toulousains inventent un réseau d'éclairage intelligent et écologique.

Il est possible de réduire de 10 à 20 % la consommation d'énergie électrique du campus de Toulouse. Tel était en tout cas le résultat de plusieurs études menées en 2011 sur le campus scientifique de Rangueil, notamment dans le cadre du projet Eco-campus Toulouse. Cette réduction est donc devenue l'objectif auquel travaillent les équipes de néocampus et la fédération SH&HD (Système habitants et habitat durable), des équipes de recherche du LAAS (Laboratoire d'analyse et d'architecture des systèmes), du LAPLACE (Laboratoire du plasma et de la conversion d'énergie) et de PHASE (Physique de l'homme appliquée à son environnement). Elles ont conçu un système d'éclairage intelligent capable à la fois d'intégrer avec les occupants et les usagers afin de respecter les ressources énergétiques et minimiser leur impact environnemental; de garantir les performances et le confort sans pour autant être « intrusif »; de limiter la consommation énergétique et respecter l'environnement et les ressources naturelles. Environné de capteurs, de systèmes électroniques performants et d'organes de gestion et de commande optimisés, ce système s'adaptera aux besoins en fonction de la tâche à exécuter à chaque instant. Cela suppose de mieux comprendre le fonctionnement des sources de lumière innovantes, d'améliorer leur vieillissement, de définir ce qu'est un éclairage optimal en fonction de la perception de la

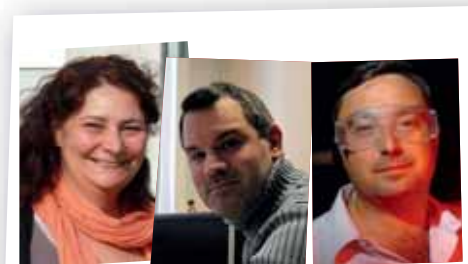
lumière par l'homme, et de réaliser un réseau continu basse tension.

## LEDs biosourcée

Les récents travaux du LAPLACE sur l'éclairage présagent d'un avenir prometteur pour les LEDs innovantes, notamment des LEDs fabriquées à partir de matière végétale, ou Organic-LEDs biosourcées. Dernièrement, le LAPLACE a produit ses premières OLEDs et réalisé un banc destiné à recueillir les signatures électriques de ces sources, informations nécessaires pour l'optimisation de leurs alimentations et la compréhension des mécanismes responsables de leur vieillissement. Couplées à des ballasts intelligents et communicants, elles fourniront l'ambiance visuelle désirée par l'utilisateur. Des sondes de luminosité 3D permettront de quantifier, corriger (voire éliminer) les gênes occasionnées par les éblouissements et les reflets provenant d'éléments extérieurs. Des protocoles de communication non-filaires basés sur la technologie Li-Fi exploitant la flexibilité de commutation des sources de lumière seront déployés. Le savoir-faire du laboratoire PHASE dans l'étude des ambiances et la qualité de vie permettra d'évaluer la qualité de l'éclairage et le confort de l'utilisateur.

## Electricité verte

Ces systèmes seront alimentés par un réseau « bus continu basse tension » constitué de



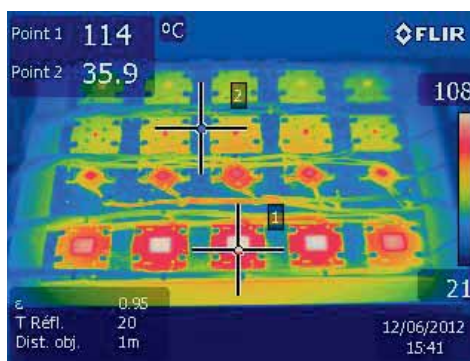
**Corine Alonso**, professeur UPS (LAAS),  
**Yann Cressault**, maître de conférences UPS  
et **Georges Zissis**, professeur UPS  
tous deux au LAPLACE.



## Contact

[yann.cressault@laplace.univ-tlse.fr](mailto:yann.cressault@laplace.univ-tlse.fr)

convertisseurs statiques à haut rendement. Développés au sein du LAAS, spécialisé dans la conversion de l'énergie et la conception de tels convertisseurs, ces derniers seront associés et dotés de commandes permettant une plus grande flexibilité d'usage. Ils pourront non seulement régler le taux d'éclairage à chaque instant, mais aussi assurer un éclairage de veille pour des raisons de sécurité à la personne, ou encore commander le système et stocker les informations pertinentes pour une prise de décision adaptée à l'ensemble de l'environnement d'une pièce, d'un bâtiment et globalement du lieu géographique. Ces convertisseurs DC/DC constitueront un bus électrique continu qui, à l'échelle du bâtiment, sera alimenté par des systèmes de production délocalisés d'électricité en continue (photovoltaïque, éolien, pile à combustible...) associés à des systèmes de stockage d'énergie appropriés (de type électro-chimique par exemple). Grâce à des capteurs de présence et de niveau de luminosité naturel et interne, l'éclairage se réglera automatiquement sur un niveau optimal. C'est ce qui est actuellement testé sur le bâtiment ADREAM, situé au LAAS. ■



Banc prototype de vieillissement contrôlé des LEDs au LAPLACE et son comportement thermique.



# S'adapter aux usagers en respectant leur vie privée

Pour proposer aux usagers des services adaptés, il faut pouvoir recueillir un minimum d'informations sur leur localisation et leurs besoins. Une nécessité qui passera par une instrumentation massive du campus.

En insérant des dispositifs dans un lieu de vie, il est possible d'analyser les activités d'utilisateurs pour adapter ce lieu, tout en respectant la vie privée des individus. Afin de ne pas monopoliser une équipe conséquente d'informaticiens ou d'électroniciens, un système multi-agents (SMA) coopératifs sera utilisé. Ces systèmes sont composés d'agents (système interagissant avec son environnement) capables d'apprendre de leur propre comportement de façon coordonnée et dans le même but.

Les recherches menées actuellement à l'université vont permettre d'étendre ces dispositifs, avec les données des profils d'usagers du campus, afin de rendre ce lieu de vie plus adapté et convivial (information temps réel des places d'étude disponibles dans les bibliothèques, itinéraires adaptés aux handicaps,...).

## Comprendre le comportement des usagers

Comment détecter et localiser les usagers pour reconnaître leurs activités relatives au bâtiment ? Le LAAS et l'IRIT travaillent déjà sur l'interaction homme-robot multimodale par des approches aléatoires pour analyser et fusionner des données audio-vidéo combinant parole et geste. Par ailleurs, le LAAS développe des

caméras intelligentes et des matrices de microphones communicants, dotés d'unités de traitement compactes, économes en énergie et à bas-coût. Pour garantir la protection de la vie privée des usagers, ces capteurs prétraitent les signaux et images pour ne transmettre que des positions, postures, messages vocaux reconnus, etc. Ces travaux seront étendus dans le cadre du projet neOCampus, pour étudier d'une part l'interaction homme-environnement à partir de données audio-vidéo acquises de manière asynchrone par des capteurs répartis dans l'environnement, et, d'autre part, le développement de ces capteurs autonomes en énergie, interconnectés et garantissant l'anonymat.

## Agents auto-organiseurs

Contrôler un système, c'est être capable d'effectuer les manipulations adéquates sur ses entrées afin que les sorties convergent vers les objectifs souhaités. Les travaux menés à l'IRIT portent sur la conception de contrôleurs aptes à maîtriser en temps réel des systèmes artificiels complexes sans connaissance préalable, par l'unique observation des entrées et des sorties du système contrôlé. Ils font appel à la technologie des systèmes multi-agents auto-organiseurs où la fonctionnalité recherchée (le contrôle) est



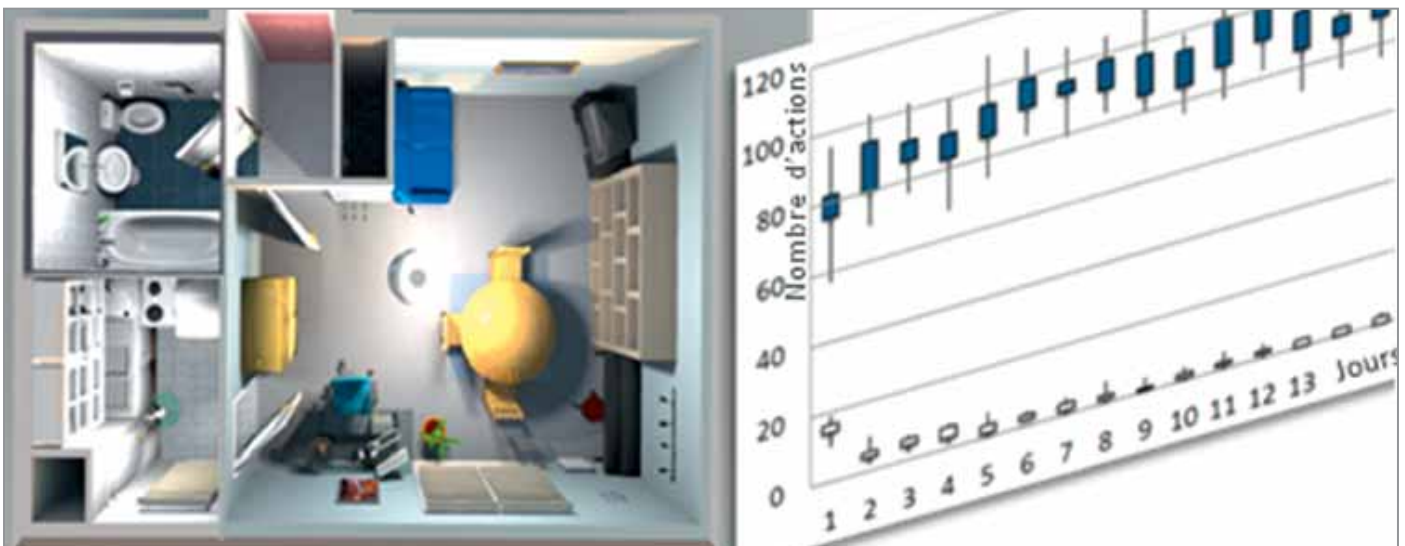
**Pierre Glize**, ingénieur CNRS (IRIT), **Isabelle Ferrané**, maître de conférences UPS (IRIT), **Michel Devy**, directeur de recherche CNRS (LAAS), **Emmanuel Dubois**, maître de conférences UPS (IRIT).

**Contact**  
[pierre.glize@irit.fr](mailto:pierre.glize@irit.fr)

émergente car aucun agent ne connaît la fonction globale du système. Pour cela, l'expert indique isolément pour chaque entrée et sortie la préférence des plages de valeurs souhaitées. Ces travaux seront généralisés pour créer de très nombreux modèles (électrique, thermique, trafic, pollution...) indispensables à la plateforme de simulation neOCampus et devant être calibrés pour obtenir des résultats réalistes.

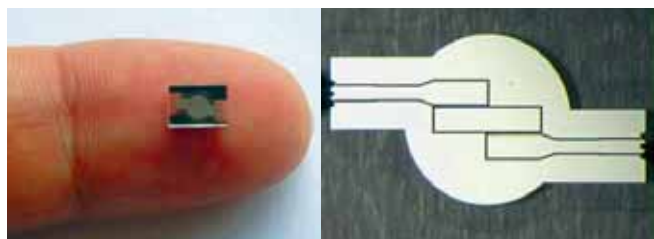
## Environnements virtuels 3D

Des travaux réalisés à l'IRIT combinent l'utilisation d'environnements virtuels 3D interactifs afin de visualiser des données spatialisées et différentes formes d'interaction. Dans le cadre de neOCampus, ils étudient l'intérêt de ces formes avancées d'interaction face à des utilisateurs occasionnels et non spécialisés des environnements virtuels 3D. Elles seront intégrées dans la plateforme de simulation interactive neOCampus. ■



Analyse et fusion des données audio et vidéo combinant parole et geste.

## Un campus, des capteurs !



Capteur de pression passif à transduction électromagnétique : composant fini (à droite) et zoom sur le résonateur déposé dans une cavité circulaire en Pyrex (à gauche).

Le nouveau campus sera truffé de capteurs, autonomes, mais capables d'évoluer. La difficulté consistera à gérer intelligemment leurs données.

Is constitueront une véritable peau numérique recouvrant le campus. Les capteurs, allant du classique capteur de luminosité ou de température à des capteurs innovants, devront se passer de fils aussi bien pour leur alimentation en énergie que pour communiquer leurs données. Le CIRIMAT et le LAAS développent ainsi des capteurs capables d'estimer finement la qualité de l'air grâce à des films minces nanocomposites et aux capacités d'intégration et de miniaturisation offertes par les micro et nanotechnologies. Les capteurs doivent pouvoir fonctionner pendant toute la durée de vie du bâtiment. Ainsi, l'IRIT crée des capteurs en reconfigurant leur couche de communication bas niveau pour réduire leur consommation d'énergie et le LAAS crée des capteurs sans batterie qui tirent leur énergie de l'environnement. Une autre voie consiste à utiliser des capteurs passifs, sans aucune électronique, interrogeables par onde électromagnétique et dont la signature électromagnétique est une image de la donnée à mesurer (température, pression, gaz...).

### Coopération multi-échelle

Déjà 60000 capteurs sont gérés par le Service de gestion et d'Exploitation sur le campus de Ranguel. Dans un avenir proche, ce chiffre va être décuplé. Il faudra gérer intelligemment toutes ces données, les stocker, mais aussi les distribuer. Les décisions seront prises à plusieurs échelles, celles d'une pièce, d'un bâtiment ou du campus tout entier. Ce problème d'optimisation coopérative multi-échelle est un thème de recherche fort d'équipes de l'IRIT et du LAAS traité grâce à des heuristiques gloutonnes, des algorithmes génétiques mais aussi de manière optimale grâce à la programmation linéaire. Les données produites par les capteurs seront transmises de proche en proche grâce à des algorithmes optimisés garantissant l'arrivée des données au meilleur coût énergétique en toute sécurité, et ce en fonction de leur criticité en utilisant des travaux de recherche sur les réseaux de capteurs réalisés à l'IRIT.

### Vision à long terme

Enfin, un bâtiment est prévu pour durer au minimum 50 ans, et il est évident que l'on ne sait pas quelles seront les technologies qui seront alors disponibles mais qu'il faut déjà prévoir une infrastructure numérique capable de les intégrer. Les travaux sur l'inter-opérabilité et sur



Georges Da Costa, maître de conférences UPS (IRIT), Marise Bafleur, directrice de recherche CNRS (LAAS), Rahim Kacimi, maître de conférences UPS (IRIT).



**Contact**  
dacosta@irit.fr

l'auto-organisation par amas de multi-agents de l'IRIT permettent de rajouter des capteurs qui sont disponibles, permettant de créer automatiquement de nouveaux services. Une telle auto-organisation coopérative permettra aussi de palier de manière autonome à des défaillances.

### Au service de l'humain

Dans cette stratégie, une vision purement locale n'est pas suffisante. Pour le chauffage, par exemple, rien ne sert de chauffer un amphithéâtre dans lequel aucun cours n'est prévu pendant la journée, ou lorsque la météo prévoit un beau et grand soleil.

Le but de neOCampus est de passer de la situation actuelle où la coordination est assurée par l'humain à une coordination plus automatique, où l'apport de l'humain se fait de manière plus simple, apportant son expertise et ses besoins plutôt que d'effectuer des tâches de gestion répétitives et non optimisées. Le campus redeviendra au service de l'humain et non plus prenant l'humain comme un simple rouage. ■

## Pour que les systèmes ambiants respectent les individus

Pour les juristes, la mise au point d'un environnement intelligent ne va pas de soi. Il nécessite un encadrement juridique.

Le campus du futur sera intelligent. Des capteurs identifieront les personnes entrant dans les salles de cours, le chauffage et l'éclairage s'adapteront à l'affluence, des services seront proposés aux usagers présentant, par

exemple, un handicap. Or cette « intelligence ambiante » passe par l'enregistrement de données personnelles. Le développement de systèmes ambiants soulève, pour les juristes, de délicats problèmes, de méthodologie autant que de fond.

### Atteinte à l'intimité

Du point de vue méthodologique, la question la plus délicate est celle du choix d'un instrument juridique qui permette de corriger les dangers que recèle l'utilisation non encadrée de technologies nouvelles ; cela, sans entraver leur progrès. Cet instrument doit reposer sur des mécanismes de régulation, sectorielle ou concurrentielle, voire d'autorégulation, à base de codes de conduite, assortis ou non de sanctions administratives, civiles, commerciales ou même pénales. Un encadrement juridique strict des contrats passés entre opérateurs peut suffire.

Car on ne peut se satisfaire au fond d'une situation qui laisserait les opérateurs de systèmes ambiants utiliser leurs techniques sans limites juridiques. Les dangers qu'elles recèlent, actuellement ou potentiellement, sont multiples. Le plus évident est l'atteinte à l'intimité de la vie privée (santé, vie sentimentale et familiale, religion, domicile, revenus, convictions), telle que consacrée par l'article 9 du Code civil et à laquelle le Conseil constitutionnel français comme beaucoup de ses homologues étrangers, ont reconnu une valeur constitutionnelle. L'infraction à la protection de données personnelles (une image peut être considérée comme une donnée personnelle) constitue un second danger. Une proposition de règlement européen s'apprête d'ailleurs à renforcer cette protection, en ouvrant la double possibilité d'un droit à

l'oubli permettant à chacun d'exiger la suppression des données collectées le concernant et d'un droit à la portabilité des données personnelles, qui devrait modifier sensiblement le régime des clouds et autres systèmes d'hébergement.

### Risques d'intrusions

Parallèlement, les opérateurs de systèmes ambiants doivent rester très attentifs au risque d'interceptions extérieures (security breaches) qui fragilisent de plus en plus de réseaux. Dans le seul cas de l'Irlande, qui accueille un grand nombre d'opérateurs internationaux, plus de la moitié des sociétés y ont été, l'an passé, victimes d'intrusions, mettant en danger quelque 1,5 million d'individus dont les données personnelles sont conservées et traitées. ■



**Lucien Rapp**, professeur à l'Université Toulouse 1-Capitole, directeur scientifique SIRIUS (Space Institute for Researches on Innovative Usages of Satellites) au laboratoire IDET-Com.

➔ **Contact**  
[lucien.rapp@ut-capitole.fr](mailto:lucien.rapp@ut-capitole.fr)

## Un campus adopté par tous

Le futur campus numérique devra être à la fois accessible, durable, et intelligent. Pour cela, les idées et les technologies ne manquent pas. Reste à déterminer lesquelles seront réellement utiles, et adoptées par les usagers. Des sociologues se sont penchés sur la question.

Traditionnellement, l'acceptabilité sociale d'un projet technologique est envisagée en fin de projet. On évalue alors la manière dont les usagers vont accepter d'utiliser, ou pas, des objets dont les utilités auront été définies a priori par les concepteurs. Les travaux de recherche de Marina Casula en sociologie à l'université Toulouse 1 Capitole et d'Alice Rouyer en géographie à l'université Toulouse 2 Le Mirail ont pour ambition de modifier ces approches conventionnelles. Ils associent également le CLLE (Cognition, langues, langage, ergonomie à UT2), le LEREPS (Laboratoire d'étude et de recherche sur l'économie, les politiques et les systèmes sociaux à UT1) et l'IRIT (Institut de recherche en informatique de Toulouse). Leur but : concevoir un modèle alternatif, appelé « Méthodologie de l'Objet Flou », ou MOF. Celle-ci est fondée sur une démarche de conception centrée sur l'utilisateur. Elle se présente comme un processus d'innovation à la fois sociale et technologique, où la définition des utilités assignées aux dispositifs à concevoir (logiciel ou matériel) est construite de manière polyphonique, itérative et concertée par une assemblée de personnes. Elle repose sur la mobilisation simultanée de diverses expertises

scientifiques et expérientielles, et vise à la négociation d'un accord partagé tant sur les qualifications technologiques que socio-organisationnelles des dispositifs à concevoir. Actuellement, la MOF est mise en œuvre pour la conception collaborative de dispositifs socio-techniques assistants pour l'autonomie et le bien-être quotidien de populations vulnérabilisées, en raison du vieillissement, du handicap ou de la maladie.

### Bien-être pour tous

L'opération neOCampus repose sur cette démarche interdisciplinaire qui vise à concevoir un campus durable, à partir d'une approche systémique. Cette exigence invite à la mise en œuvre de procédures d'innovation collaborative, qui puissent prendre en compte de manière réflexive la variété des besoins exprimés, mais aussi traduire les aspirations au mieux-être. La démarche vise aussi à doper les capacités créatives de chacun, car les potentialités technologiques des systèmes ambiants peuvent ouvrir des horizons nouveaux. Les premiers résultats de la MOF montrent que celle-ci est reproductible dans divers environnements organisationnels, tels que neOCampus. ■



**Marina CASULA**, maître de conférences Sociologie - UT1 Capitole (laboratoire IDET-COM), **Alice ROUYER**, maître de conférences Géographie et aménagement - Université Jean-Jaurès (LISST).

➔ **Contacts**  
[marina.casula@ut-capitole.fr](mailto:marina.casula@ut-capitole.fr)  
[rouyer@univ-tlse2.fr](mailto:rouyer@univ-tlse2.fr)

### + d'infos

- ROUYER A., CASULA M., 2013, « Pour une méthodologie de l'Objet Flou (MOF) » in MOJAHID, M., JOUFFRAIS, C. et ETCHEVERRY I., Actes du Workshop - Workshop Alzheimer, Approche pluridisciplinaire. De la recherche clinique aux avancées technologiques, 01-2013, pp. 59-74, ISBN 978-2-917490-25-9.