SÉMINAIRE

Réflexion autour de l'intelligence artificielle

Page 2

RECHERCHE

Immersion dans la réalité virtuelle

Page 16

PRIX

E-BREAK : Étoiles de l'Europe

Page 18

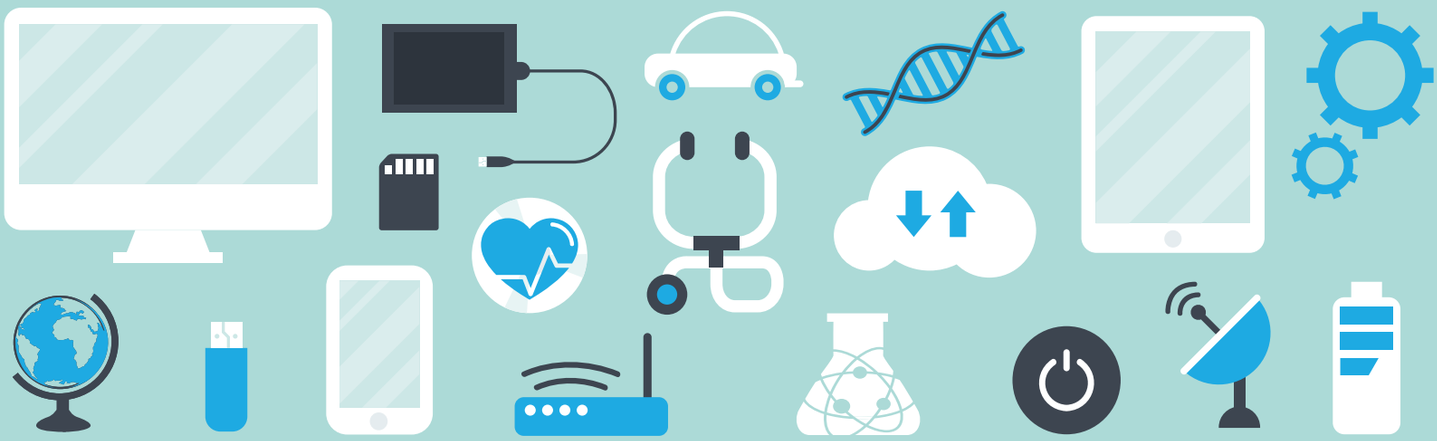
utc Université de Technologie Compiègne
SORBONNE UNIVERSITES

MARS 2018 ### N° **46**

Interactions is available **in English on http://interactions.utc.fr**

Donnons un sens à l'innovation

Interactions



LES DOSSIERS

Labex MS2T *Page 5*

une dynamique d'excellence à pérenniser

Page 15

Regard sur l'égalité salariale entre les femmes et les hommes

Interview de Marlène Schiappa,
Secrétaire d'État auprès du Premier ministre,
chargée de l' Égalité entre les femmes et les hommes

Labex MS2T

INVESTISSEMENTS D'AVENIR

Signature du partenariat entre la société du canal Seine-Nord Europe et l'UTC

Xavier Bertrand, président du Conseil de surveillance de la société du canal Seine-Nord Europe et Philippe Courtier, directeur de l'UTC, ont signé une convention de partenariat le vendredi 9 février 2018. Le partenariat portera sur plusieurs axes de travail : l'aménagement, la recherche technologique, la soutenabilité et acceptabilité du projet, le développement territorial, la gestion de projet. Durant sa visite, Xavier Bertrand a pu découvrir un simulateur de navigation, une présentation de travaux communs UTC-Cerema sur l'hydraulique fluviale, et enfin la halle numérique de l'UTC avec des exemples d'application pour le canal (aménagement participatif et le suivi de chantier). ■

www.canal-seine-nord-europe.fr

L'UTC 7e au classement l'Usine Nouvelle

L'UTC est donc la première école post-bac du classement, et elle est aussi seconde selon le critère "entreprenariat". Avec ses 38% de jeunes femmes, l'UTC est une des meilleures écoles généralistes. ■

Pour voir le classement complet : www.usinenouvelle.com/comparatif-des-ecoles-d-ingenieurs-2018-personnalise

Deux prix pour le laboratoire Roberval

Abdeljalil Jourani, enseignant-chercheur, a reçu un best paper award lors du congrès international "ICMSE 2018: 20th International Conference on Materials Science and Engineering", pour sa présentation du travail de thèse de Celine Trevisiol "Effet de la rugosité sur le frottement et le taux d'usure : corrélation entre morphologie de surface et mécanismes d'usure".
Liang Meng, doctorant au sein du laboratoire Roberval de l'UTC, a lui reçu le prix de thèse CSMA 2017 (Computational Structural Mechanis Association) pour sa thèse : "Reduced Shape-space Approach to Material Characterization" ■

SÉMINAIRE

Réflexion autour de l'IA

Les 15, 16, 18 et 19 janvier derniers s'est tenu le séminaire GE90 consacré à l'intelligence artificielle (IA). Pendant quatre jours, ce rendez-vous organisé par le laboratoire Costech a permis à des étudiants de toutes les filières d'aborder ce thème avec des chercheur, designer, avocat. Rencontre avec l'organisateur de ces conférences, Yann Moulier-Boutang, professeur de sciences économiques à l'UTC.

Pourquoi avoir choisi comme thème l'intelligence artificielle ?

Un séminaire est organisé tous les ans. Pour le valider, les étudiants doivent rendre un plan et un mémoire à la fin du semestre. Pour ce début 2018, l'IA s'est imposée comme une évidence. C'est une question qui n'intéresse plus seulement les ingénieurs en génie informatique mais aussi ceux en génie urbain, mécanique, biomédical et bien d'autres spécialités. Il ne s'agit pas d'être pour ou contre mais d'utiliser les potentialités positives offertes par ces outils et d'acquérir un esprit critique. S'approprier ces technologies est essentiel pour le grand public comme pour les ingénieurs. Permettre à la France et à l'Europe de reconquérir leur autonomie digitale face aux grandes entreprises américaines et chinoises est une priorité. Nous avons des atouts. La France est le premier contributeur à l'industrie numérique californienne compte-tenu de sa population. La création d'un Institut des hautes études sur la transition numérique pour les cadres est nécessaire pour ne pas laisser les actions de formation aux seules mains de géants comme Google.

Existe-t-il plusieurs intelligences artificielles ?

L'intelligence artificielle n'ouvre pas seulement des opportunités marketing avec la possibilité de mieux cibler les profils de consommateurs – réseaux sociaux, moteurs de recherche - ou de canaliser la demande – Uber. Dans le futur, une partie significative de notre science et des systèmes de sécurité reposeront sur des algorithmes. De l'aide au diagnostic médical pour certaines maladies complexes – analyse de radiographies notamment - à la prévision de certains phénomènes naturels en passant par la lutte contre le terrorisme, les enjeux sociétaux sont très importants. Les avancées dans ces domaines mobilisent des connaissances en algorithmique mais aussi en statistiques et dans de nombreuses disciplines. Il ne s'agit pas toujours de déterminer des comportements moyens ou événements probables mais de faire ressortir des possibles, rares mais avec des conséquences majeures : décès d'un patient, attentats ou catastrophes naturelles. En ce qui concerne les comportements des individus, les sciences humaines sont un complément indispensable pour déterminer les critères les plus significatifs.

L'autonomie nouvelle donnée aux machines crée de nombreuses peurs, sont-elles justifiées ?

Il y a des visions très différentes des finalités de l'IA : remplacer l'homme ou le seconder pour certaines tâches complexes ou répétitives ? Certains y voient la possibilité d'une intelligence forte où

les machines pourraient acquérir progressivement une conscience et des sentiments. Cette idéologie « transhumaniste » pense que les facultés de l'homme et sa santé pourraient être bouleversées grâce aux ordinateurs. En France, le docteur Laurent Alexandre soutient l'idée d'un développement du QI (quotient intellectuel) des individus avec le soutien des ordinateurs. Il existe des manières très différentes d'envisager les choses. Cette révolution numérique représente une chance pour notre science, notre culture, notre sécurité et pour créer des modèles plus collaboratifs très utiles à notre démocratie.

L'intelligence artificielle modifie-t-elle le monde du travail et, notamment, le métier d'ingénieur ?

L'économie tout entière est concernée par cette révolution. La valeur ajoutée va de plus en plus vers les producteurs de données plutôt que vers l'industrie et les services. L'exemple des moteurs d'avions est particulièrement parlant. Sur un réacteur équipant un avion de ligne, la majorité des coûts concernent la maintenance. Le motoriste américain Pratt and Whitney s'est associé à IBM qui développe des systèmes informatiques pour contrôler en temps réel l'état des pièces et prévenir les pannes grâce à des capteurs. Dans ce partenariat, c'est clairement le géant de l'informatique qui maîtrise le marché. Les domaines de pointe ne sont pas les seuls concernés. Le groupe de BTP Vinci réfléchit au remplacement numérique de ses contremaîtres sur les chantiers. Si ce projet voyait le jour, 20 000 postes seraient amenés à disparaître. Pour les métiers spécialisés dans les big data, les évolutions sont rapides. Face à la multitude de données désormais disponibles, améliorer la collecte ne suffit plus. Il faut être capable d'utiliser ces informations. De plus en plus de data analysts seront recrutés dans les prochaines années. Les conditions de travail elles aussi changent. Alors que beaucoup d'ingénieurs en science des données étaient jusqu'à présent salariés de grandes entreprises, ils ont tendance depuis quelques temps à créer leurs propres start-ups.

Quelles sont les compétences de l'UTC dans ce domaine ?

La pluridisciplinarité des laboratoires de l'UTC est une force dans le domaine de l'intelligence artificielle. Le travail du laboratoire Heudiasyc sur le véhicule autonome s'appuie sur l'analyse des données transmises par une multitude de capteurs. La notion de résilience des systèmes qu'il développe est directement une application de l'IA. Les travaux du LMAC en stochastique sont particulièrement pertinents pour l'élaboration de modèles probabilistes. L'intelligence artificielle mobilise aussi tous les savoirs sur la société et l'homme. A Costech, nous avons des chercheurs en sciences humaines qui étudient quelques-unes des facettes éthiques, sociétales et épistémologiques de ces questions. ■

Interview de Yann Moulier-Boutang "L'intelligence artificielle en question" : webtv.utc.fr

Laboratoire Costech : webtv.utc.fr > Nos séries > Les laboratoires de recherche

SÉMINAIRE

Une automatisation en trompe-l'oeil

On associe souvent l'intelligence artificielle à la suppression d'emplois et au développement de postes hautement qualifiés. Intervenant au séminaire GE90, le sociologue Antonio Casilli, professeur à Télécom ParisTech, est venu nuancer cette vision en présentant ses études sur le travail caché derrière l'automatisation numérique.

« L'intelligence artificielle ne supprime pas le travail mais le rend invisible et le morcelle en micro-tâches » résume-t-il. La thèse de ce spécialiste de l'anthropologie numérique va à l'encontre de nombre d'évidences communément admises. Selon lui, l'idée de remplacement de l'homme par l'IA serait avant tout un artifice marketing et idéologique destiné à dissimuler le travail gratuit des consommateurs eux-mêmes et l'emploi de travailleurs précaires à l'autre bout de la planète. En comparant la communication des entreprises sur l'avènement imminent de services entièrement automatiques avec la réalité des coulisses techniques et humaines, son analyse met en avant un décalage flagrant. Basé encore largement sur l'intervention humaine, le fonctionnement réel des applications serait caché grâce à des discours sur l'autonomie des machines largement diffusés auprès du grand public. « A côté des défis scientifiques et d'ingénierie, nous assistons aussi à la construction d'un discours visant à défendre des intérêts économiques et une vision politique » souligne-t-il.

Des hommes derrière l'IA

A travers le décryptage de cas concrets comme la plateforme Uber, le véhicule autonome et les moteurs de recherche, les étudiants ont pu découvrir une vision différente de services utilisés quotidiennement. L'exemple emblématique de l'outil de réservation en ligne de chauffeur Uber a ainsi été analysé sous plusieurs aspects. Présenté comme un simple outil de mise en relation entre passagers et conducteurs, cette application collecte aussi les données de ses utilisateurs sans contreparties. « Les chauffeurs passent plus de temps devant leurs mobiles à transmettre des informations à Uber que sur la route, les demandes de trajets des passagers servent à établir des cartographies des déplacements et des fréquentations pour rendre plus efficace le système » explique le chercheur, écrans à l'appui. Présenté comme l'étape suivante permise par les progrès de l'IA, le projet de taxi autonome d'Uber a fait l'objet d'une démystification en règle. Censé circuler sans aucune action humaine, ce véhicule ferait en réalité appel à des opérateurs à distance ou même au passager pour repérer les obstacles.

Le thème fondamental du machine learning a aussi été abordé en expliquant certains fonctionnements des moteurs de recherche. Présenté comme le résultat d'un apprentissage autonome, la capacité à reconnaître et référencer sans cesse de nouveaux contenus ne serait en fait pas exempte d'interventions humaines volontaires. Seule l'entrée intentionnelle de milliers de données permettrait aux machines de faire face à certaines situations complexes. « Des millions de « petites mains » invisibles car localisées en dehors des pays occidentaux en Inde, Philippines, Indonésie et Afrique notamment interviennent dans le monde pour le compte des GAFAM (Web, Google, Apple, Facebook, Amazon et Microsoft) » explique le scientifique qui s'est appuyé sur des enquêtes réalisées dans plusieurs de ces pays. Dans le monde, des dizaines de millions de personnes sont payées à la tâche pour nommer des photos, classer des vidéos et musiques par genre, associer des mots ou expressions à des sites, traduire des termes dans leurs langues. Recrutés à la tâche via des plateformes en ligne comme Amazon Mechanical Turk à des prix très bas, ces contributeurs invisibles sont pourtant omniprésents derrière les services offerts sur le Web. Ils ne sont pas les seuls. Dans de nombreuses circonstances, les internautes sont invités à formuler des suggestions pour améliorer un service de traduction ou de sélection de lieux de loisirs. « Les promesses de progrès technologiques permettant à l'intelligence des machines de devenir totalement indépendante des hommes reviennent cycliquement depuis plus de 70 ans mais je ne crois pas beaucoup en ces prophéties » conclut avec un certain pessimisme Antonio Casilli. ■

Élisabeth Brunier décorée de la médaille de chevalier de l'Ordre des Arts et des Lettres

Vendredi 26 janvier dernier, Élisabeth Brunier, déléguée générale au prix Roberval et responsable du service des cultures scientifique, technique et industrielle de l'UTC, a reçu la médaille de Chevalier de l'ordre des Arts et des Lettres, en présence de Philippe Marini, Maire de Compiègne et sénateur honoraire de l'Oise, de ses proches, de ses amis et de ses collègues. Cette distinction lui a été remise des mains de Loïc Depecker, délégué général à la langue française et aux langues de France au ministère de la Culture. ■

Remise du prix enseignement supérieur du prix Roberval à l'Académie des sciences

Mardi 16 janvier, avait lieu à l'Académie des sciences la cérémonie de remise du prix enseignement supérieur du prix Roberval. Laurent Vulliet, Lyesse Laoui et Jian Zhao ont remporté le prix de l'enseignement supérieur pour leur livre "Mécanique des sols et des roches - avec écoulements souterrains et transferts de chaleur", paru aux Presses polytechniques et universitaires romandes. Alexandre Rojey a reçu un prix spécial du jury pour son livre "Stockage de l'énergie", paru chez Techniques de l'Ingénieur. ■

Téléchargez le Book du Prix Roberval : www.utc.fr/documentation

Un docteur UTC aux trophées d'Usine Nouvelle des ingénieurs du futur

Mohamed Sabt, qui a effectué sa thèse au sein de laboratoire Heudiasyc, a reçu le 5 décembre dernier le prix du public lors de la cérémonie des Trophées des Ingénieurs du futur, pour ses recherches sur la sécurisation des smartphones via la cryptographie. Mohamed Sabt est déjà lauréat du prix de thèse Guy Deniélou 2017 de l'UTC. Ses travaux ont déjà eu de premières retombées pratiques, en mettant en évidence des failles dans la sécurité de deux systèmes dont Android, et lui ont ouvert les portes d'une start-up. ■

Retrouvez l'article d'Interactions #43 "Mohamed Sabt : Son cheval de bataille : la cybersécurité" sur interactions.utc.fr

START-UP

Sciences cognitives et IA

Chercheur pendant 10 ans au laboratoire Costech de l'UTC, Jean-Baptiste Guignard, ingénieur audio-numérique et docteur en sciences cognitives, a créé HINS en 2015. Cette solution de reconnaissance des mouvements de la main est l'application concrète d'une intelligence artificielle basée sur le biomimétisme.

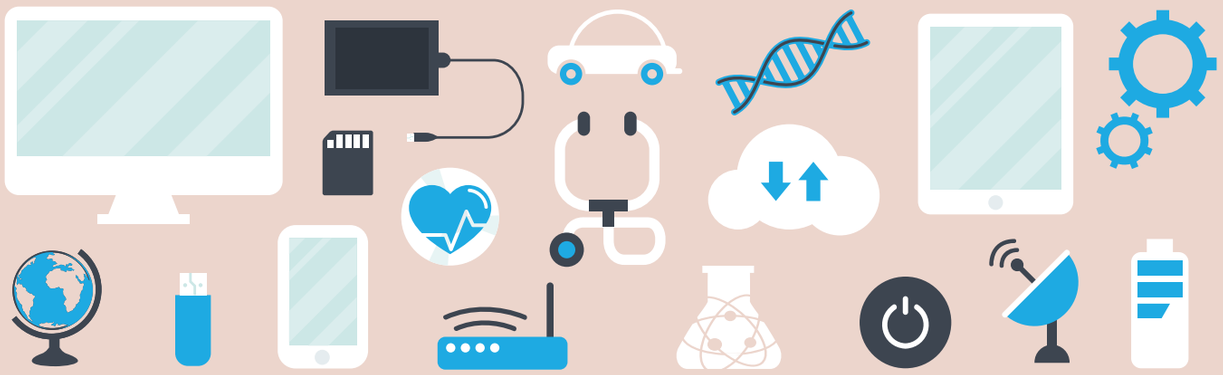
Alors qu'il est encore professeur à l'UTC, Jean-Baptiste Guignard a une idée originale : inventer un système pour modifier en temps réel un morceau de musique en bougeant les mains devant la caméra de son smartphone. En utilisant des solutions open source et un logiciel de traitement du signal, il parvient à élaborer un prototype. Cette innovation est présentée au cours d'une série d'émissions TV grand-public. Un peu par hasard, cela lui permet de se faire connaître de l'entreprise Renault-Nissan. Le constructeur automobile est intéressé par cette technologie de reconnaissance gestuelle fonctionnant sans hardware dédié pour commander certaines fonctionnalités embarquées de ses véhicules. L'homme de laboratoire et d'amphis décide alors de se lancer dans l'entrepreneuriat : « C'est beaucoup de travail et les risques sont importants , mais en France on a la chance d'avoir des dispositifs très favorables comme jeune entreprise innovante (JEI) et le crédit impôt recherche (CIR) qui sont uniques au monde». Après 3 ans d'existence, l'entreprise de 31 salariés dont le siège est à Los Angeles a désormais pris une ampleur internationale. Ses clients sont français, américains et chinois. Les domaines d'application eux-aussi se sont diversifiés. Collaborant toujours avec le secteur automobile en Europe, la start-up est aussi présente en Californie sous le nom de Clay INC où elle décline sa technologie pour des accessoires de réalité virtuelle et augmentée. Depuis quelques mois, la Chine est devenue une autre cible : « Les constructeurs de portables chinois sont intéressés, leurs clients pourront verrouiller leur téléphone d'un geste, ou créer et ajouter des effets autour de l'image de leur main (flammes, avatars, etc.) ». D'autres applications sont à venir comme un système destiné aux travaux publics permettant de se servir de sa tablette sans quitter ses gants de chantier (lecture de cartes ou de plans par exemple).

L'innovation au-delà des disciplines

A l'image du parcours de son créateur, la réussite d'HINS est le résultat direct d'un dialogue entre biologie, psychologie, philosophie et sciences de l'ingénieur. Le recul sur les technologies et leur nature apporté par les sciences humaines a été utilisé comme une force pour proposer un produit innovant sur le marché. A partir de ses connaissances en sciences cognitives et de son expérience d'enseignant-chercheur à l'UTC, Jean-Baptiste Guignard a pu développer une conception

originale de la Computer Vision et de l'intelligence artificielle. Au départ, le principal défi de Clay était d'être efficace malgré la puissance de calcul réduite disponible sur un Smarphone : « Les premières versions du code dépassaient la puissance disponible des smartphones, maintenant nous n'utilisons plus que 6 % de leurs CPU ». Pour dépasser cette contrainte, l'entrepreneur est sorti des sentiers battus. Les méthodes trop lourdes reposant sur le Deep Learning ou l'apprentissage par renforcement, ont été abandonnées au profit d'autres pistes : « Les développeurs purs et durs ont tendance à s'enfermer dans des modèles informatiques et statistiques ; chez Clay, nous allons aussi puiser dans le biomimétisme » explique le chef d'entreprise, resté chercheur dans l'âme. Parmi ses sources d'inspiration, il y a la théorie de l'autopoïèse développée par les deux biologistes chiliens Maturana et Varela sur les mécanismes d'auto-conservation mis en place par le vivant. Pour sa structure générale, Clay mime ainsi le métabolisme d'une bactérie. L'interprétation du flux vidéo imite, quant à elle, schématiquement le fonctionnement de la rétine humaine. En IA, reconnaître une forme, une signature, une identité, une phrase est aussi l'un des grand défis. Les algorithmes utilisés par Clay empruntent volontiers aux découvertes en psychologie cognitive notamment sur la question de la catégorisation. Pour résoudre certains problèmes concrets tel l'identification d'une main en l'absence de certains doigts. les ingénieurs de recherche étudient les stratégies adoptées par la pensée humaine et ses facultés de catégorisation floue. Cette démarche mêlant expérimentation et application industrielle fait tout l'ADN de la start-up d'origine bordelaise partie à la conquête du monde. ■

Plus d'infos sur interactions.utc.fr > Eplays



Labex MS2T

une dynamique d'excellence à pérenniser

L'UTC porte l'un des 171 Labex issus du programme d'investissements d'avenir lancé en 2010. Têtes de pont de l'excellence scientifique française et de son rayonnement international, ces structures jouent un rôle croissant en matière de recherche, formation et valorisation. Zoom sur leurs enjeux et leurs principales retombées.

En lançant le programme "Laboratoires d'excellence" (Labex), l'État s'était fixé un objectif ambitieux : doter des laboratoires français ayant une visibilité internationale de moyens significatifs pour faire jeu égal avec leurs homologues étrangers, attirer des chercheurs et enseignants-chercheurs de renommée mondiale et bâtir une politique de recherche, formation et valorisation de haut niveau. En 2011 et 2012, sur avis d'un jury international, 171 structures dont le profil et le projet répondaient à ces enjeux ont été labellisées Labex et se sont vu attribuer une dotation globale de 1,5 milliard d'euros sur dix ans (en moyenne 9 millions d'euros par Labex). « Chacune disposait ainsi d'une vision à long terme sur ses financements, chacune pouvait ainsi ce qui lui permettait de développer une vraie politique scientifique et de prendre des risques sur des sujets exploratoires », souligne Yves Lecointe, responsable de l'action Labex à l'Agence nationale de la recherche (ANR*). L'évaluation réalisée à mi-parcours, en 2015, témoignait déjà de l'intérêt de ce dispositif. Globalement, le jury international qui l'a menée a en effet estimé que l'action Labex constituait « une vraie réussite, d'une part, en mettant le focus sur l'excellence dans la recherche française, d'autre part, en offrant à la communauté scientifique un outil de flexibilité et de liberté d'organisation accrue dans la durée** ». Il a également jugé que les Labex avaient « un effet restructurant évident sur le paysage de la recherche française », en soulignant en particulier leur forte dimension interdisciplinaire et le développement du travail en réseau, qui avaient « eu un impact largement positif sur l'émergence en France de thématiques d'actualité au niveau mondial et sur le choix des sujets de recherche ».

Des chiffres parlants

La synthèse des indicateurs de suivi des Labex sur la période 2011-2016 publiée fin 2017 par l'ANR confirme l'impulsion donnée par les Labex à la recherche française, à son rayonnement, à sa valorisation et à la formation des étudiants. Entre autres exemples, en six ans, les Labex ont multiplié leur nombre annuel de publications par plus de deux et demi et initié près de 3 400 thèses. Signe de leur attractivité : dans les composantes des "Laboratoires d'excellence", le nombre de doctorants a quasiment cru de 80 %, alors qu'à l'échelle nationale, la population de doctorants continuait à régresser. « Cette attractivité se mesure aussi au niveau international, relève Yves Lecointe. Si la France attire traditionnellement de nombreux doctorants étrangers, c'est beaucoup moins le cas pour les postdoctorants. Or près de la moitié des postdoctorants recrutés par les Labex entre 2011 et 2016 étaient étrangers. »
Côté enseignement, leur impact est allé au-delà des doctorants. Le nombre d'étudiants de master bénéficiant d'actions de formation des Labex (cours, parcours, stages…) est certes resté limité et fluctuant jusqu'en 2015. Mais en 2016, il a décollé passant de 15 000 au mieux à plus de 54 700, soit 10 % du nombre total d'étudiants en master.
Enfin, entre 2011 et 2016, les Labex ont déposé 1 042 brevets et créé 230 start-up, dont 80 % exercent déjà une activité économique.
Initialement, le financement des Labex devait prendre fin le 31 décembre 2019 et les fonds non consommés à cette date ne pouvaient plus l'être ensuite. Finalement, les Labex pourront utiliser leur dotation jusqu'au 31 décembre 2022. Une disposition importante en particulier pour le recrutement de doctorants, qui menaçait de se tarir dès la fin 2016 puisqu'une thèse dure trois ans. Mais, surtout, différents dispositifs devraient désormais permettre de prolonger le financement des Labex qui auront réussi au-delà de 2019 et donc de maintenir la dynamique engagée. ■

* Investissements d'avenir - Laboratoires d'excellence, synthèse du suivi 2011-2016, ANR, décembre 2017.

** Source : Laboratoires d'excellence - Synthèse des rapports des 15 sous-jurys du point d'étape de juin 2015, ANR, octobre 2015

Labex MS2T en chiffres

6,7 millions d'euros de dotation sur 9 ans

2,5 millions d'euros de cofinancement (industrie, région, FEDER)

28 thèses financées depuis 2011

19 postdoctorants recrutés dont 8 venus de l'étranger

24 séjours de chercheurs invités durant plus d'un mois

Labex MS2T : bilan d'étape très positif pour le Labex de l'UTC

MS2T, pour maîtrise des systèmes de systèmes technologiques. L'UTC, en partenariat avec le CNRS, entend s'affirmer parmi les références internationales de ce champ de recherche novateur. C'est l'enjeu de son Labex MS2T, l'un des quinze Laboratoires d'excellence de l'Idex SUPER (Sorbonne Universités). Retenu dès la première vague de sélection des Labex, en 2011, ce projet avait été évalué au meilleur niveau : A+. Sept ans plus tard, le chemin parcouru est significatif.

Le tout représente plus que la somme des parties. C'est le principe de base d'un système de systèmes : un ensemble de systèmes autonomes et généralement hétérogènes dont les interactions génèrent des propriétés ou fonctionnalités nouvelles, que ne possèdent pas ses composants pris isolément. En échangeant des informations sur ce qu'elles perçoivent de la scène routière, des voitures autonomes peuvent par exemple gagner en intelligence et circuler de façon beaucoup plus sûre que des véhicules non coopératifs. « Pour comprendre et contrôler le comportement d'un métasystème de ce type, pour garantir sa sûreté de fonctionnement et maximiser sa valeur ajoutée, il ne suffit pas de raisonner système par système et d'optimiser la conception de chaque composant, souligne Ali Charara, directeur du Labex MS2T. Il faut une approche globale, tenant compte des interactions entre les systèmes. C'est l'enjeu de nos travaux : développer des concepts et méthodes scientifiques permettant de maîtriser un système de systèmes dans son ensemble. » En France comme en Europe, lorsque le Labex a vu le jour, en 2011, ce champ d'investigation était en effet peu exploré par la recherche académique. Or non seulement le concept de système de systèmes peut s'appliquer avec profit à de multiples domaines, mais avec le progrès des technologies de communication et de traitement de l'information, les systèmes interconnectés sont appelés à se multiplier et figurent au cœur des révolutions numériques à venir : celles de l'énergie avec les réseaux électriques intelligents, des transports avec les véhicules autonomes, de l'e-santé, de l'industrie 4.0…

La force de l'interdisciplinarité

Pour s'affirmer parmi les références du domaine, l'UTC a adopté une approche originale. Première spécificité : sa démarche intégrative. « Notre objectif est de concevoir des méthodologies scientifiques génériques interdisciplinaires, utilisables pour différentes applications, explique Ali Charara. Mais il est difficile d'y parvenir sans travailler sur des domaines socio-économiques précis. Nous abordons donc de front questions

théoriques et pratiques : nous construisons des briques technologiques qui visent à démontrer l'applicabilité de nos outils théoriques sur des problèmes réels, tout en nous aidant à résoudre les verrous scientifiques. »
« Mais, surtout, la force du Labex, c'est sa multidisciplinarité, souligne Marie-Christine Ho Ba Tho, directrice à la recherche de l'UTC. Il a été créé par des chercheurs de trois laboratoires de l'UTC associés au CNRS qui, dès 2009, avaient déjà fondé une fédération de recherche reconnue par le CNRS sur les systèmes hétérogènes en interaction » : Heudiasyc (sciences et technologies de l'information et du numérique), Roberval (mécanique, matériaux, acoustique) et BMBI (biomécanique et bio-ingénierie). Fort de cette triple paternité, MS2T décline le concept de système de systèmes sur des terrains très variés. Bon nombre de ses travaux concernent la maîtrise de systèmes interconnectés (coopération entre drones, entre véhicules autonomes, etc.) et donc des problématiques de réseaux, de robotique, d'intelligence artificielle… Mais ses recherches concernent aussi des domaines plus inattendus comme les dispositifs thérapeutiques du futur : par exemple, comment maîtriser les interactions entre le fluide sanguin et des microcapsules injectées dans le réseau vasculaire de sorte qu'elles libèrent un médicament exactement à l'endroit voulu du corps humain ? Ou bien comment reconstruire un organe bioartificiel en mimant au mieux l'organe natif qu'il s'agit de suppléer ? « Même si tout organisme vivant est par excellence un système de systèmes, il n'était pas évident, a priori, d'envisager nos dispositifs bioartificiels sous cet angle novateur, observe Cécile Legallais, directrice de recherche CNRS, directrice de BMBI. C'est le fruit de nos échanges avec nos collègues des autres laboratoires du Labex. »
Autre atout : en fédérant des chercheurs d'Heudiasyc, BMBI et Roberval, MS2T a permis la multiplication de projets transversaux porteurs de véritables avancées scientifiques, car la maîtrise de métasystèmes complexes intégrant des composants hétérogènes exige des expertises très diverses. « Le Labex est clairement un instrument qui décloisonne les disciplines et qui a impulsé une vraie dynamique collective », souligne Philippe Bonnifait, directeur d'Heudiasyc. Depuis peu, il s'est d'ailleurs ouvert à un quatrième partenaire: Costech, le laboratoire de recherche technologique en sciences humaines et sociales de l'UTC (voir page 12).

Un réseau international d'experts

Pour bâtir une recherche d'excellence reconnue par-delà les frontières de l'Hexagone, le Labex s'est également attaché à attirer des chercheurs étrangers de haut niveau à ses côtés. Afin de l'aider à définir sa stratégie scientifique et d'en évaluer les résultats, il s'est doté d'un conseil scientifique international réunissant des experts de premier plan, et notamment l'un des spécialistes des systèmes de systèmes les plus renommés au monde : le professeur Mo Jamshidi, de l'Université du Texas à San Antonio. Pour développer des collaborations internationales à long terme, le Labex a mis en place un programme de chercheurs invités accueillant des universitaires étrangers à l'UTC durant un à trois mois et ses propres chercheurs effectuent des mobilités à l'étranger. Pour nourrir sa créativité et assurer sa visibilité, il organise régulièrement des séminaires et ateliers interdisciplinaires ouverts aux chercheurs et étudiants de l'UTC, mais aussi à un public scientifique externe, au cours desquels interviennent des spécialistes reconnus des systèmes de systèmes : scientifiques français ou étrangers, et notamment professeurs invités du Labex, mais aussi experts du monde industriel.
« C'est une des spécificités de l'UTC et donc de MS2T : nous ne faisons pas de la recherche hors-sol, souligne Ali Charara. Dès le début, nous avons bâti notre feuille de route technologique avec des industriels pour identifier en commun les enjeux liés aux systèmes de systèmes. »

Dès le début, nous avons bâti notre feuille de route technologique avec des industriels pour identifier en commun les enjeux liés aux systèmes de systèmes. Ces brassages culturels portent leurs fruits : le Labex mène des recherches de pointe qui trouvent un écho croissant dans la communauté scientifique.

Ces brassages culturels portent leurs fruits : le Labex mène des recherches de pointe qui trouvent un écho croissant dans la communauté scientifique. Un seul exemple. En juin 2018, il organisera la treizième édition du grand rendez-vous international sur les systèmes de systèmes : la conférence IEEE System of Systems Engineering (SoSE 2018), fondée par Mo Jamshidi, qui se tiendra pour la première fois en France, à Paris. « Cet événement devrait encore renforcer notre visibilité, se félicite Franck Davoine, chargé de recherche CNRS, coordinateur international de MS2T. Il va notamment nous permettre de promouvoir nos propres travaux et, je l'espère, de nous rapprocher davantage d'équipes académiques internationales et d'industriels, avec lesquels nous pourrions répondre à de futurs appels à projets européens. »

Un effet de levier

Grâce à cette dynamique, le Labex a également obtenu de nombreux financements auprès d'industriels et d'institutions pour ses projets. A la rentrée 2017, trois nouvelles thèses cofinancées par la région Hauts-de-France ont par exemple été lancées. De même, en 2016, avec le soutien des Hauts-de-France et du Fonds européen de développement régional (FEDER), l'UTC a créé une chaire d'excellence junior « Systèmes de systèmes - Coopération et interactions entre systèmes mobiles » ouverte à de jeunes chercheurs étrangers de talent. Venu de l'Université catholique de Louvain, son premier titulaire, Eliseo Ferrante, a ainsi apporté à MS2T de précieuses compétences sur la robotique en essaim (lire page 11).
« Le Labex nous a clairement permis de bâtir un positionnement original et d'excellence au plan international sur les systèmes de systèmes, qui, aujourd'hui, profite à l'ensemble de l'UTC, résume Marie-Christine Ho Ba Tho. Il contribue à son rayonnement et à son attractivité auprès des scientifiques et des industriels et a un effet d'entraînement sur la recherche de l'excellence dans ses équipes. » Dépôt de trois brevets, développement de trois logiciels sous licence, projet de création d'une start-up : il commence également à avoir des retombées en valorisation. Enfin, il a eu un effet structurant sur l'offre de formation de l'UTC, qui a ouvert un master adossé aux recherches de MS2T (lire page 13). Tant en matière de gouvernance, de recherche, d'ouverture à l'international que de valorisation et de formation, le jury international chargé de son évaluation à mi-parcours, en 2015, avait d'ailleurs rendu un avis plus que positif. ■

« Le Labex MS2T est en train de s'imposer comme une référence internationale »

Directeur adjoint d'une entité du ministère des Armées, la direction interarmées des réseaux d'infrastructure et des systèmes d'information de la défense, et membre du conseil scientifique international de MS2T, Dominique Luzeaux est un des principaux experts français et internationaux des systèmes de systèmes.

Quel bilan dressez-vous de l'action du Labex sept ans après sa création ?
Outre sa multidisciplinarité, une de ses grandes forces est de s'être construit à partir de laboratoires possédant des décennies d'expérience dans leurs domaines respectifs. Par ses compétences, ses sujets de recherche, ses coopérations scientifiques avec des laboratoires étrangers ou encore ses séminaires, il fait tout ce qu'il faut pour s'affirmer comme un acteur d'excellence dans le secteur des systèmes de systèmes. Et, de fait, il monte en puissance : ses projets de recherches sont ambitieux, il attire de plus en plus de postdoctorants étrangers… Il est en train de s'imposer comme une référence internationale des systèmes de systèmes.

Quelle doit être la prochaine étape ?
Maintenant, il s'agit d'amplifier cette dynamique, d'où l'importance de pérenniser l'action du Labex, et notamment de resserrer encore ses liens avec l'industrie pour assurer le transfert des résultats de ses recherches. Mais l'UTC est d'autant mieux placée pour cela qu'elle est proche du monde industriel.

En quoi est-il important que la conférence internationale SoSE 2018 se tienne pour la première fois en France ?
Le fait qu'elle se déroule à Paris et soit portée par le Labex MS2T montre que la France a aujourd'hui une carte à jouer dans la recherche sur les systèmes de systèmes.

Un projet de start-up porté par MS2T

Ahmed Lounis a fait son doctorat à Heudiasyc sur un sujet en lien avec les recherches de MS2T : la sécurité des données sur le cloud.

Avec son directeur de thèse, le professeur Abdelmadjid Bouabdallah, et l'appui du Labex, il œuvre aujourd'hui à la création d'une start-up issue de ses travaux : « Le cloud computing mobilise différents systèmes communiquant entre eux (autrement dit, un système de systèmes) pour fournir des services de stockage et de traitement de données à la demande. Pour une entreprise, c'est une alternative plus économique que d'investir dans un système informatique, mais qui peut poser des problèmes de sécurité. La solution que nous proposons offre deux avantages. Elle rend le contrôle des données stockées et traitées sur le cloud à leur propriétaire : ce n'est pas le fournisseur du service qui les protège, mais le client, qui peut lui-même les chiffrer et, pour certaines, les masquer. De plus, elle est performante en termes de calcul et donc de consommation d'énergie et de coût. »

Cette solution a fait l'objet d'un démonstrateur. Désormais, il s'agit de trouver des partenaires industriels et de développer des produits commerciaux adaptés à des applications spécifiques. Pour cela, Ahmed Lounis est accompagné par la Société d'accélération du transfert de technologies (SATT) dont l'UTC est membre, Lutech, et bénéficie d'un contrat de pré-incubation au sein d'Heudiasyc cofinancé par le Labex, la région Hauts-de-France et le Feder : « L'objectif est de créer la start-up dans les Hauts-de-France, d'autant qu'il est important de rester à proximité de l'UTC. Elle est le garant scientifique du projet et nous offrira un environnement propice à l'innovation par la suite. Car le cloud n'est qu'un point d'entrée. A terme, l'entreprise pourra investir d'autres domaines du marché très porteur de la cybersécurité. » ■

Deux Best Paper Awards résultat d'une coopération internationale renforcée

Michal Pioro est professeur à l'université de technologie de Varsovie, en Pologne, et à l'université de Lund, en Suède ; Dritan Nace est professeur à Heudiasyc à l'UTC. Leur collaboration sur l'optimisation des réseaux de communication avait débuté en 2003, mais est passée à une vitesse très supérieure avec la création de MS2T.

« En 2013, j'ai été professeur invité du Labex pendant trois mois, raconte Michal Pioro. Avec Dritan Nace et deux autres chercheurs d'Heudiasyc, nous avons développé une solution appelée Flow Thinning pour rendre les réseaux optiques sans fil FSO (Free Space Optics ou communications optiques en espace libre) plus résilients en cas de dégradation des conditions météorologiques. » Technologie récente, les FSO utilisent la propagation de la lumière dans l'air pour transporter des quantités importantes de données sur de longues distances. Mais la pluie, la neige ou le brouillard peuvent fortement altérer leur qualité de transmission. Le concept de Flow Thinning a donc

d'emblée trouvé un écho. Présenté en 2013 lors d'un congrès dédié aux réseaux, l'International Workshop on Reliable Networks Design and Modeling (RNDM), il a valu un Best Paper Award à l'équipe, avant de faire l'objet d'une publication dans Operations Research, journal de premier plan dans le domaine de l'optimisation.
Depuis, Michal Pioro et Dritan Nace ont approfondi le concept et, aujourd'hui, ils codirigent une thèse financée par le Labex. Objectif : concevoir des solutions hybrides plus robustes et moins coûteuses, combinant des FSO avec d'autres technologies, telles des fibres optiques terrestres. En 2017, Michal Pioro a passé un mois au Labex, que l'équipe a mis à profit pour étudier des réseaux hybrides réalistes, dont l'un desservant l'Ile-de-France. Un travail de nouveau couronné d'un Best Paper Award, lors de l'International Workshop RNDM 2017.

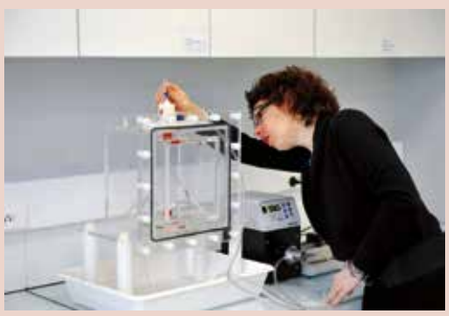
« Pour moi, l'important est certes que le Labex apporte un soutien financier à la recherche sur l'optimisation des réseaux, observe Michal Pioro, mais surtout qu'il crée un environnement de travail exceptionnel, associant des chercheurs expérimentés et de jeunes chercheurs. Sa philosophie de rapprochement entre sciences et technologie est fructueuse : appliquer une science fondamentale comme la théorie de l'optimisation à des technologies nouvelles comme les FSO, par exemple, permet d'identifier leurs atouts et leurs limites avant leur déploiement. Sa vision des réseaux de télécommunication est également féconde : traiter l'ensemble des couches d'un réseau comme un système de systèmes, et non comme une collection de systèmes séparés, conduit à des conceptions plus efficaces en termes de coût, de qualité ou de résilience. » ■

Du Labex à une bourse ERC

Au laboratoire BMBI, Anne-Virginie Salsac, chargée de recherche CNRS, et son équipe travaillent sur l'utilisation de microcapsules composées d'une gouttelette de fluide enfermée dans une fine membrane élastique pour transporter un médicament jusqu'à une zone cible via le réseau sanguin : comment se déforme leur enveloppe sous l'effet des forces de l'écoulement sanguin, quelles propriétés mécaniques doit-elle offrir pour rompre et relarguer la substance active à l'endroit voulu, etc ? Autrement dit, comment interagit la membrane avec le fluide interne et externe ? Autant de questions qui exigent de croiser simulations numériques et travaux expérimentaux.

Dans le cadre de MS2T, la chercheuse a codirigé deux projets sur ce thème avec des chercheurs du laboratoire Roberval : d'abord, une thèse, qui a notamment permis de valider de nouveaux paradigmes de modélisation numérique fondés sur la réduction de modèles, et désormais un postdoctorat sur le sujet. Ces travaux se complètent d'une thèse sur la modélisation des phénomènes d'endommagement et de rupture de la membrane des microcapsules et feront bientôt appel aux compétences du laboratoire de mathématiques appliquées de Compiègne (LMAC). « Sans ces collaborations, nous ne pourrions pas mener des recherches aussi poussées en modélisation numérique, souligne la chercheuse. C'est la force du Labex que d'avoir développé cette dynamique interdisciplinaire. En cela, il joue un rôle très structurant pour l'UTC, tout comme les programmes financés par la région l'ont joué en nous poussant à travailler avec d'autres centres de recherche et des industriels du territoire. Les projets sur les microcapsules soutenus par le Labex et la région ont d'ailleurs servi de levier pour aller encore plus loin. »

En 2017, Anne-Virginie Salsac a en effet été le premier chercheur de l'UTC à obtenir une bourse du programme ERC (European Research Council), dont l'unique critère de sélection est l'excellence scientifique. Ce financement de cinq ans va permettre de poursuivre les recherches sur les microcapsules engagées avec MS2T, mais aussi dans le cadre d'une thèse sur l'encapsulation d'antioxydants financée par la région Hauts-de-France et codirigée par BMBI et le laboratoire Génie enzymatique et cellulaire (GEC) de l'UTC. « Grâce à ces différents travaux, nous avons pu mûrir un projet totalement interdisciplinaire pour répondre aux exigences du programme ERC, qui supposent de dépasser les frontières de la science en proposant des idées très innovantes, mais réalistes. » Un



projet qui, outre des collaborations extérieures, impliquera cinq laboratoires de l'UTC : BMBI, Roberval et le LMAC pour continuer les recherches fondamentales sur les microcapsules, mais aussi GEC et Transformations intégrées de la matière renouvelable (TIMR) pour aller jusqu'à l'encapsulation de substances naturellement anticancéreuses, les antioxydants, afin d'enrichir des produits alimentaires. ■

Un programme scientifique de plus en plus ambitieux

C'est l'atout majeur d'un Labex : disposer des moyens financiers nécessaires pour prendre le risque d'engager des recherches amont réellement novatrices, susceptibles de déboucher sur des concepts scientifiques et des technologies de rupture. Illustration avec quelques projets de MS2T.

En lançant le projet MS2T, l'UTC s'était fixé trois axes d'investigation – interactions et coopérations entre systèmes, management des incertitudes dans le fonctionnement d'un métasystème, conception optimisée des systèmes de systèmes –, et quatre domaines socio-économiques : la mobilité (véhicules autonomes coopératifs, transport guidé…), l'ingénierie de la santé (systèmes de télésurveillance médicale, dispositifs thérapeutiques…), la sécurité (cybersécurité, surveillance par une flotte de drones…) et l'environnement (réseaux électriques intelligents, gestion des risques naturels…). Partant de là, sous la coordination scientifique de Thierry Denoeux, professeur à Heudiasyc, les chercheurs avaient identifié un ensemble de verrous technologiques et scientifiques à quatre et dix ans.

Dans un premier temps, ils ont conçu des briques pour lever les verrous à moyen terme. Depuis 2015, ils sont passés à la vitesse supérieure. Désormais, le Labex décline sa feuille de route en concentrant l'essentiel de ses ressources sur quelques projets interdisciplinaires très ambitieux, et en particulier trois grands défis : Dapad, Divina et Interfaces.

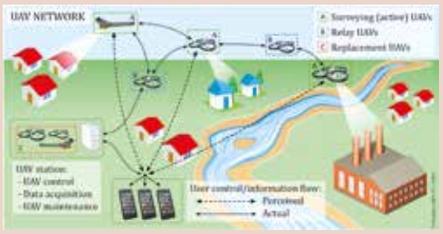
La conduite autonome coopérative

Dapad* porte sur la coopération entre véhicules autonomes. Une des clés pour que ces véhicules automatisés puissent un jour circuler de façon sûre sur des routes ouvertes à d'autres usagers. Et un sujet stratégique pour Heudiasyc, qui travaille de longue date sur les transports intelligents. « Avec ses capteurs embarqués (caméras, radars, lidars, GPS…), un véhicule autonome ne peut pas se localiser seul de façon très précise et, surtout, n'a qu'un champ de vision limité, explique Franck Davoine, l'un des deux porteurs du projet. Échanger des données avec d'autres véhicules et l'infrastructure routière, lui permettrait d'affiner son positionnement, mais aussi de voir plus loin, et donc de mieux anticiper les décisions à prendre : par exemple, de détecter la voiture masquée par le bus derrière lequel il roule, d'être informé qu'une voiture arrivant en sens inverse a mis son clignotant et risque de

lui couper la route en tournant, ou encore qu'un ralentissement s'est formé au rond-point vers lequel il se dirige. »

Mais avant d'en arriver là, il reste quantité de questions à résoudre : quelles données échanger ? Comment fusionner des informations provenant des différents capteurs de multiples véhicules ? Comment garantir la robustesse des décisions prises par le pilote automatique des véhicules lorsque les données échangées sont erronées ou partielles, par exemple en cas de défaillance d'un capteur ou de problèmes de communication ? Et donc quels algorithmes concevoir pour analyser des scènes routières éminemment complexes et dynamiques en intégrant ces paramètres ? Pour lever ces verrous, l'équipe Dapad réunit différentes disciplines d'Heudiasyc (robotique et automatique, contrôle, vision par ordinateur, télécommunications) et mène des expérimentations sur les véhicules autonomes de l'Equipex Robotex[**].

Cap sur la robotique en essaim



Le défi Divina[***], quant à lui, vise à faire coopérer de petits drones pour explorer et cartographier en 3D une zone où aucun système GPS n'est disponible : par exemple, un site dévasté par une catastrophe où il faut envoyer des secours. Sans possibilité de se localiser et limité par une autonomie et des capacités de calcul restreintes, un minidrone ne peut pas remplir cette mission seul. D'où l'idée d'associer plusieurs drones équipés de caméras et de moyens de communication pour se localiser les uns par rapport aux autres, naviguer, cartographier chacun une partie de l'espace survolé et échanger des données.

Dans ce projet, les questions concernent à la fois la représentation que les drones construisent de leur environnement à partir des caméras, leurs échanges d'informations pour améliorer l'exploration de la zone et le contrôle distribué de la flotte : comment positionner les robots pour élargir au maximum leur champ de vision, tout en faisant en sorte qu'ils restent assez proches pour pouvoir communiquer ? Pour y répondre, les chercheurs explorent notamment une voie nouvelle, la robotique en essaim. « En interagissant, les constituants d'un système de systèmes génèrent des comportements émergents qui ne sont pas forcément prévus ni souhaitables, explique Vincent Frémont, coordinateur de Divina. Les drones peuvent par exemple rester groupés pour communiquer plus facilement, mais dans ce cas l'exploration est lente, ou partir dans tous les sens et dans ce cas l'exploration est partielle. L'objectif est donc d'amener la flotte à s'auto-organiser pour être efficace. Pour cela, nous cherchons à exploiter les principes de la robotique en essaim, qui s'inspire du comportement des insectes sociaux : les fourmis, par exemple, s'auto-organisent en secrétant des phéromones pour communiquer. Mais, en même temps, nous détournons ce concept, car dans un essaim de robots, tous les agents sont identiques et très simples : l'intelligence du système vient de leur multiplicité. Or notre flotte se limite à quelques drones, dotés chacun d'une certaine intelligence et hétérogènes (plus ou moins gros, équipés d'une ou deux caméras selon les cas…). »

L'équipe Divina mobilise également plusieurs disciplines d'Heudiasyc. Elle participe à un projet FUI (Fonds unique interministériel) sur la surveillance d'infrastructures par une flotte de drones hétérogènes, avec plusieurs industriels (Eurogiciel, SNCF, EDF, Aero Surveillance).

Un système de systèmes bioartificiel

Le troisième grand défi, Interfaces[****], porte sur l'ingénierie tissulaire, qui vise à développer des substituts biohybrides pour régénérer ou remplacer des tissus lésés du corps humain. En pointe dans ce domaine, le laboratoire BMBI a par exemple travaillé sur la reconstruction de tissus osseux en cultivant des cellules sur une matrice en biomatériau qui simule leur environnement in vivo et leur sert de support pour pousser jusqu'à ce que le tissu se reconstitue.

L'idée, à terme, serait de reconstruire l'ensemble de ces tissus simultanément, en cultivant des cellules souches sur différents types de supports, qui selon leur composition, leur structure et les contraintes mécaniques appliquées aux cellules, leur permettrait de se différencier en cellules osseuses, tendineuses et musculaires.

Avec Interfaces, son ambition va bien au-delà : reconstituer le continuum os-tendon-muscle et donc les interfaces entre ces trois composants (les jonctions osteo-tendineuses et musculo-tendineuses). « L'idée, à terme, serait de reconstruire l'ensemble de ces tissus simultanément, en cultivant des cellules souches sur différents types de supports, qui selon leur composition, leur structure et les contraintes mécaniques appliquées aux cellules, leur permettrait de se différencier en cellules osseuses, tendineuses et musculaires, explique Cécile Legallais, directrice de BMBI et porteuse du projet. Mais c'est un challenge ! »

Entre autres verrous : la caractérisation des propriétés mécaniques des supports en biomatériau et surtout du tissu bioartificiel en formation lorsque les cellules poussent sur ces matrices. Car si les lois de comportement des matériaux sont assez bien connues, celles d'un

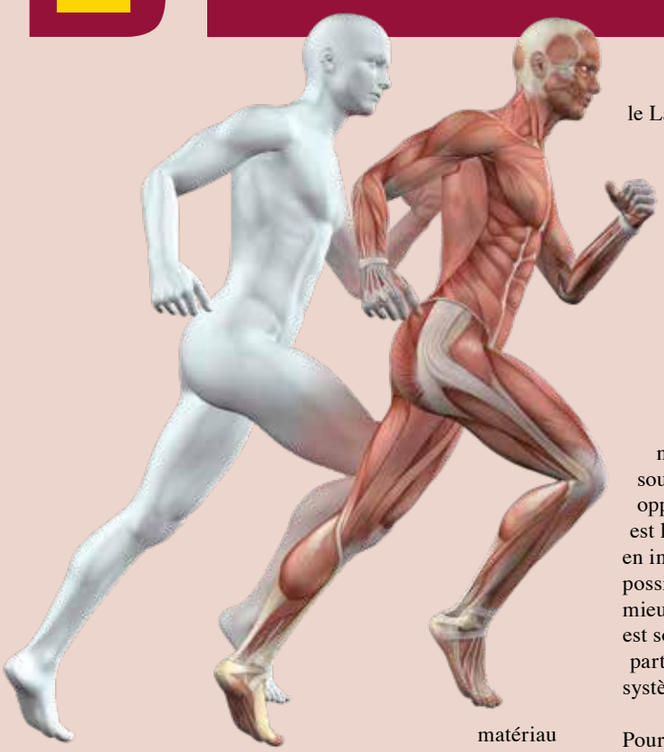
Le label de Labex, gage d'une recherche d'excellence

Plastic Omnium finance une thèse sur l'industrie du futur codirigée par Roberval et Heudiasyc et figure parmi les sponsors de la System of Systems Engineering Conference 2018 portée par le Labex MS2T. Questions à son directeur scientifique, Ronan Stephan, qui fut aussi président de l'UTC de 2005 à 2009.

Quel est l'intérêt des Labex pour un industriel comme Plastic Omnium ?
Il existe une relation de plus en plus « obligée » entre les entreprises qui innovent et la recherche publique. D'une part, même les grands groupes n'ont pas les moyens d'entretenir des forces de recherche amont sur des spectres suffisamment larges pour générer l'ensemble des briques de base de leurs technologies. De l'autre, les industriels ne peuvent pas se contenter d'observer à distance les évolutions de la recherche, puis d'appliquer ensuite les résultats qui leur semblent les plus pertinents : ce serait prendre le risque de se laisser surprendre par une technologie de rupture. D'où l'importance d'entretenir des relations suivies avec les laboratoires publics et de développer, dans certains cas, des recherches réellement collaboratives et stratégiques avec les équipes concernées. L'innovation est aujourd'hui une affaire de partenariats et, plus largement, d'écosystèmes où les complémentarités des acteurs se conjuguent pour atteindre plus vite et mieux des objectifs communs. Et c'est d'autant plus vrai quand l'excellence est une qualité commune aux partenaires. Ainsi, nous avons besoin de nouer des liens avec des équipes de recherche dont la qualité académique est au premier rang dans la compétition internationale.

Ce qui signifie que l'étiquette de Labex joue un rôle de label ?
Oui, c'est une marque de reconnaissance de l'excellence d'une équipe.

Quels travaux de MS2T vous intéressent en particulier ?
Notre intérêt immédiat est focalisé sur l'industrie 4.0 : l'analyse automatisée en temps réel des quantités de données collectées sur nos lignes de fabrication, afin d'anticiper les dérives dans la qualité de la production et d'adapter la planification des séquences de maintenance aux besoins réels des équipements. Ces problématiques de l'industrie 4.0 sont proches, sur un plan algorithmique, de celles du pilotage automatique de drones ou de véhicules autonomes sur lesquelles travaille le Labex. On peut souligner, par ailleurs, que Plastic Omnium est le leader mondial des éléments de carrosserie en matières plastiques, qui, si le transport autonome se développe, devront être communicants et intégrer des capteurs, des antennes… Les recherches de l'UTC sur les véhicules du futur nous intéressent aussi pour cette raison.



matériau sur lequel se développe un tissu vivant ne le sont pas. Pour les décrypter, les chercheurs en biomécanique et bio-ingénierie de BMBI travaillent avec des experts en mécanique et matériaux du laboratoire Roberval.

Autre obstacle : « Les connaissances sur le comportement de l'ensemble os-tendon-muscle natif sont insuffisantes pour parvenir directement à un dispositif de suppléance implantable chez l'homme, souligne Cécile Legallais. Mais ce projet devrait justement contribuer à les enrichir. Dans un premier temps, c'est d'ailleurs l'objectif : disposer d'un système de systèmes bioartificiel permettant de mieux simuler le vivant pour mieux le comprendre. »

L'imprévisibilité, source d'innovation

Début 2018, le Labex a franchi un pas de plus dans l'interdisciplinarité en intégrant des chercheurs de Costech, le laboratoire de recherche technologique en sciences humaines et sociales de l'UTC. L'enjeu : faire interagir cette discipline avec les sciences de l'ingénieur pour impulser un élan encore plus novateur aux travaux de MS2T. Pour cela, le Labex s'est fixé un quatrième axe de travail intitulé « dynamique des systèmes de systèmes : émergence et agilité », qui vise à étudier une autre manière de penser et concevoir les systèmes de systèmes. « On sait que ces métasystèmes très complexes ont des comportements imprévisibles, explique Hugues Choplin, directeur adjoint de Costech. Notre pari, c'est d'envisager ces émergences non pas comme des incertitudes sources de risques, mais comme des opportunités à exploiter. Cette approche est le manifeste des méthodes agiles en ingénierie logicielle : il n'est jamais possible de tout prévoir et c'est tant mieux parce que s'adapter à l'imprévu est source d'innovation. Elle nous semble particulièrement pertinente pour les systèmes de systèmes. »

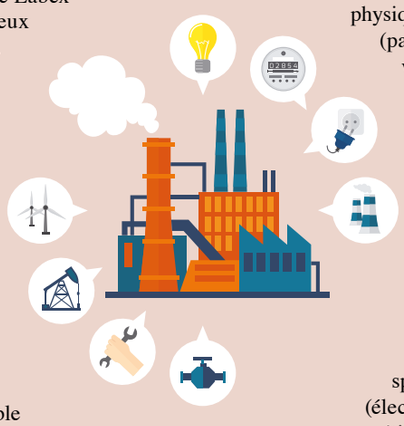
Pour l'expérimenter, le Labex a notamment défini deux terrains d'application. Le premier, en lien direct avec le défi Interfaces, associe Cécile Legallais, de BMBI, et Xavier Guchet, philosophe des techniques. Objectif : explorer une nouvelle vision de la reconstruction d'un organe bioartificiel, susceptible de repousser les frontières de la bio-ingénierie. Une vision qui consiste non pas à assembler des composants obtenus séparément, en essayant de prévoir le comportement global de l'organe à partir de leurs caractéristiques, mais à s'inspirer du vivant. Autrement dit, à favoriser des comportements émergents mimant les transformations successives qui font qu'un organisme vivant se développe spontanément, sans assemblage de composants.

> Par exemple, on peut imaginer des vitrages automobiles communicants et capables d'afficher des informations ou bien des éléments de carrosserie intégrant directement des microcapteurs. Ce sont des sujets sur lesquels nous souhaitons également développer des recherches interdisciplinaires.

Le second terrain d'application réunit un chercheur de Roberval, Matthieu Bricogne, et une spécialiste en sciences de l'information et de la communication de Costech, Isabelle Cailleau. Il porte sur un sujet de plus en plus stratégique pour l'UTC : la révolution numérique des processus de conception et de production dans l'industrie du futur. « Le ressort de l'industrie 4.0, c'est l'agilité, l'adaptation à l'imprévisibilité, explique Jérôme Favergeon, directeur de Roberval : par exemple, la capacité à personnaliser des produits fabriqués en grande série au gré des commandes de chaque client, qui, pour l'instant, reste un défi. » Là encore, il s'agit donc d'imaginer des mécanismes favorisant l'émergence de solutions inventives face à une dynamique impossible à contrôler.

Des matériaux communicants

Autre évolution à venir, l'ouverture de l'axe de travail sur la conception optimisée des systèmes de systèmes à une nouvelle dimension : penser d'emblée les systèmes physiques interconnectés (par exemple, les véhicules autonomes) comme des objets communicants. « Aujourd'hui, les matériaux d'un système sont choisis en fonction de leur comportement mécanique et, le cas échéant, de propriétés spécifiques (électriques, thermiques, magnétiques…), souligne Jérôme Favergeon. Demain, il faudra aussi qu'ils puissent transmettre de l'information pour éviter d'avoir à ajouter systématiquement une couche communicante au système physique. Par exemple, on peut imaginer des vitrages automobiles communicants et capables d'afficher des informations ou bien des éléments de carrosserie intégrant directement des microcapteurs. Ce sont des sujets sur lesquels nous souhaitons également développer des recherches interdisciplinaires. » ■

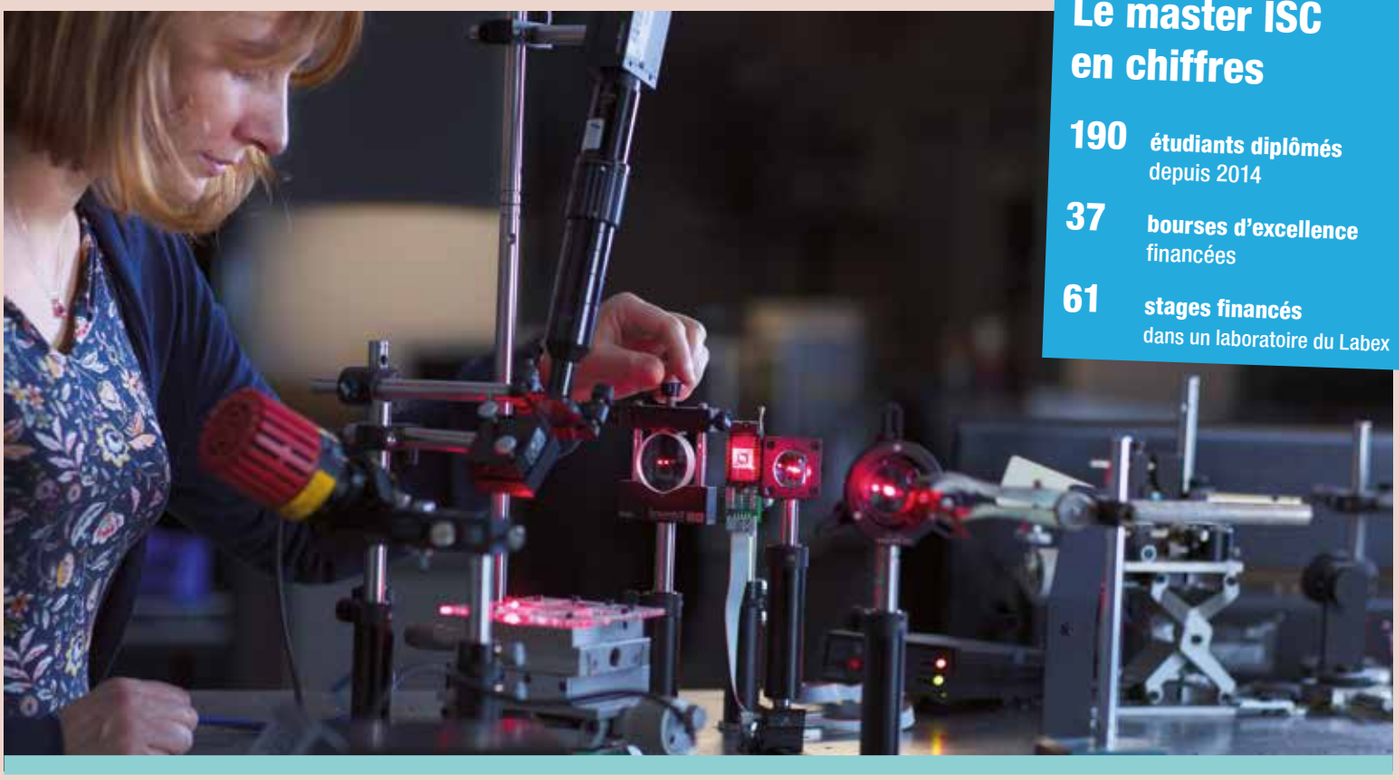


* Dapad : Distributed and Augmented vehicle Perception to support Autonomous Driving

** MS2T s'appuie sur des plateformes technologiques de haut niveau, dont l'Equipement d'excellence (Equipex) Robotex : un réseau national de plateformes expérimentales de robotique porté par le CNRS, dont Heudiasyc coordonne le volet « robotique mobile terrestre et aérienne » (véhicules autonomes et minidrones).

*** Divina : Distributed cooperative VIsual Navigation for multi-uav systems

**** Tissues and cell interfaces in muscle-skeleton system: application to the design of bioartificial sos



Le master ISC en chiffres

190 **étudiants diplômés** depuis 2014

37 **bourses d'excellence** financées

61 **stages financés** dans un laboratoire du Labex

Former à et par la recherche : l'autre grand enjeu de MS2T

Le Labex MS2T s'est particulièrement investi dans le domaine de la formation en créant un master en lien direct avec ses recherches. Désormais, l'UTC ambitionne d'ouvrir une École universitaire de recherche sur les systèmes de systèmes.

Comme tous les Laboratoires d'excellence, MS2T forme des doctorants. Depuis sa création, il a financé vingt-huit thèses, souvent codirigées par des chercheurs de deux disciplines différentes et, de plus en plus, suivies, voire coencadrées, par un universitaire étranger, afin de favoriser l'ouverture interculturelle des doctorants. Plus inédit : dès 2012, l'UTC a créé un master adossé au Labex, désormais intitulé master Ingénierie des systèmes complexes (ISC). À l'instar des équipes de MS2T, ce cursus est pluridisciplinaire. Il accueille des étudiants de différentes filières (informatique, mécanique, biologie…), auxquels il propose un tronc commun d'enseignements et cinq parcours de spécialisation en lien direct avec les recherches du Labex : « apprentissage et optimisation des systèmes complexes », « automatique, robotique et systèmes intelligents », « biomécanique et bio-ingénierie », « systèmes mécatroniques » et « systèmes et structures mécaniques complexes ». « L'UTC ne délivrant pas de licence, les étudiants de première année viennent d'autres universités et ne sont que quinze à vingt par an, explique Dritan Nace, responsable du master ISC. En revanche, en deuxième année (M2) ils sont entre cinquante et soixante, car les élèves ingénieurs en fin de cursus peuvent intégrer directement le M2, tout comme les étudiants déjà titulaires d'un autre master, qui représentent la plupart des candidatures externes reçues pour cette formation. Et notre objectif est d'augmenter encore le nombre d'élèves ingénieurs inscrits en M2. »

Chaque année, le Labex finance une dizaine de bourses d'excellence et de stages dans un de ses laboratoires pour des étudiants du master ISC. « L'enjeu, en lançant ce cursus, était d'attirer les meilleurs étudiants et, surtout, des étudiants intéressés par la recherche, rappelle Philippe Bonnifait, directeur d'Heudiasyc et ancien responsable du master. Et c'est bien le cas : aujourd'hui, environ la moitié des diplômés d'une promotion s'orientent vers un doctorat. » Autre spécificité de ce diplôme : son ouverture à l'international. Les étudiants de l'université libanaise peuvent suivre certains des parcours proposés : les cours sont accessibles en visioconférence ou délivrés sur place par des enseignants de l'UTC. En outre, depuis 2016, l'UTC et l'université de Gênes, en Italie, organisent un master européen, European Master Engineering for Complex and Interacting Systems (Emecis), réunissant des étudiants du master ISC et de son équivalent génois (lire l'encadré).

Prochain objectif

Forte de ces réalisations, l'UTC ambitionne aujourd'hui d'accéder à un nouveau dispositif du programme d'investissements d'avenir, conçu pour renforcer le rayonnement des universités françaises : les écoles universitaires de recherche (EUR). Inspirées du modèle internationalement reconnu des Graduate Schools, les EUR doivent lier étroitement enseignement et recherche en proposant des formations de master et de doctorat adossées

à un ou plusieurs laboratoires de haut niveau, avoir une forte dimension internationale et, dans la mesure du possible, des liens étroits avec les acteurs économiques. « Avec le Labex et sa recherche technologique, l'UTC a dans ses gènes de quoi créer une EUR sur les systèmes de systèmes, qui intégrerait non seulement les étudiants du master ISC, mais aussi une forte part de nos élèves ingénieurs, souligne Philippe Bonnifait. Car l'approche système concerne très largement les disciplines de notre université. »

En 2017, l'Agence nationale de la recherche a lancé un appel à projets pour labelliser de premières EUR. L'UTC y a répondu en proposant un parcours d'excellence articulé autour des quatre axes scientifiques de MS2T, ouvert à l'international, et commun aux étudiants du master et aux élèves ingénieurs de trois de ses cinq branches : génie informatique, génie biologique et ingénierie mécanique. « Sur les 195 candidatures en lice lors de cette consultation, seuls les 25 projets évalués A + ont été labellisés, explique Ali Charara, directeur du Labex. Le nôtre n'a pas été retenu, mais a été évalué A, ce qui est très encourageant, et il est le seul dans ce cas dans la région Hauts-de-France. Nous allons donc le retravailler pour le prochain appel à projets. Philippe Courtier, directeur de l'UTC, et le comité de direction ont exprimé un fort soutien à ce projet d'établissement. »
L'enjeu est d'autant plus important que, pour mieux armer ses étudiants ingénieurs face au besoin croissant d'innovation dans les entreprises, l'UTC souhaite les sensibiliser davantage à la recherche et augmenter le nombre de ceux qui poursuivent en thèse dans ses laboratoires ou à l'extérieur. En outre, pour développer ses recherches, elle entend étoffer son vivier de doctorants. Le label d'école universitaire de recherche et les financements qui vont de pair contribueraient à atteindre ces objectifs. ■

Un Labex attractif pour les doctorants

Chinoise, Siqi Qiu a effectué son doctorat au laboratoire Heudiasyc. Financée par le Labex MS2T, sa thèse, soutenue en 2014, a été primée par l'Association française d'ingénierie système (Afis).

Votre thèse portait sur la sûreté de fonctionnement des systèmes de systèmes appliquée au domaine ferroviaire : c'est-à-dire ?
La modélisation et l'évaluation de la sûreté de fonctionnement sont des étapes clés dans le processus de conception sûre des systèmes complexes. Elles permettent d'analyser les risques dès la conception générale et non a posteriori. Nous avons proposé de modéliser le système européen de signalisation ferroviaire ERTMS de niveau 2 en le considérant comme un système de systèmes, afin d'en avoir une vue globale, tenant compte de ses composants et de leurs interactions. Et nous avons utilisé des principes de la sûreté de fonctionnement pour en évaluer la performance.

Quel est l'intérêt du Labex MS2T pour un doctorant ?
Il offre une plateforme de travail internationale à des doctorants venant eux-mêmes de différents pays. Personnellement, les échanges d'idées avec des chercheurs de pays très divers m'ont beaucoup inspirée. Ensuite, le Labex mène des recherches sur des sujets à la pointe des sciences et des technologies, comme les véhicules autonomes, ce qui est très attractif pour les étudiants. Pour moi, ce sont ses deux atouts les plus importants.

Aujourd'hui, vous êtes enseignante-chercheuse dans une université chinoise prestigieuse, Shanghai Jiao Tong University : travaillez-vous toujours sur les systèmes de systèmes ?
Oui, je travaille sur la sûreté de fonctionnement des systèmes complexes et la maintenance préventive. Et je continue à collaborer avec mes directeurs de thèse. Depuis mon doctorat, nous avons publié trois articles dans des journaux scientifiques et deux dans des conférences internationales.

Un master commun avec l'université de Gênes

Professeur à l'université de Gênes, Roberto Sacile a été chercheur invité du Labex trois fois et s'en félicite : « Passer plusieurs mois avec des chercheurs d'une autre université est beaucoup plus efficace qu'échanger à distance. C'est le meilleur moyen d'apprendre à parler la même langue et de développer des collaborations dans la durée. » Pour preuve : ses séjours à Compiègne se sont non seulement concrétisés par des travaux communs avec Heudiasyc sur la modélisation des risques dans le transport de marchandises dangereuses, mais aussi par la création du master européen Emecis, ouvert aux étudiants de deux parcours du master du Labex (« apprentissage et optimisation des systèmes complexes » et « automatique, robotique et systèmes intelligents ») et à leurs homologues génois.

« Le contenu du master de l'UTC étant proche de celui proposé dans mon département de l'université de Gênes, il était intéressant d'offrir à nos étudiants respectifs l'opportunité d'une expérience internationale qui soit autre chose qu'un Erasmus et leur permette de travailler avec des chercheurs d'un autre pays », souligne l'enseignant-chercheur. Les étudiants réalisent ainsi une partie de leur cursus à Compiègne et l'autre à Gênes, effectuent leur stage et leur mémoire sous la codirection d'enseignants-chercheurs des deux établissements, soutiennent ce mémoire dans les deux universités, et se voient délivrer un double diplôme : le master ISC de l'UTC et le Laurea magistrale in ingegneria informatica de l'université de Gênes.

Lancée en 2016, cette formation a démontré sa pertinence. Plusieurs diplômés de la première promotion, ont d'ailleurs choisi de poursuivre leur expérience internationale : deux Italiens font leur thèse en France, dont l'un à l'UTC, et un Français effectue son doctorat en Italie. « Pour l'instant, le master Emecis n'accueille que cinq étudiants par promotion, explique Roberto Sacile. Notre priorité est maintenant de l'élargir à d'autres universités européennes travaillant sur les systèmes de systèmes, afin de l'ouvrir à davantage d'étudiants et de leur donner plus de choix dans les possibilités de mobilités offertes. » ■

Regard sur
l'égalité salariale entre les femmes et les hommes

Marlène Schiappa, secrétaire d'État auprès du premier ministre, chargée de l'Égalité entre les femmes et les hommes.

Contrairement aux idées reçues, l'écart salarial homme/femme augmente avec le niveau de rémunération. Est-ce une spécificité française ?

Que vous soyez une femme ou un homme, lorsque vous êtes au SMIC, vous êtes au salaire minimum. Ensuite, plus les rémunérations augmentent, plus l'écart entre hommes et femmes se creuse : de 9 à 27 %. C'est une situation que l'on observe dans beaucoup de pays, même en Suède, que l'on cite souvent en exemple. La Suède est très avancée sur les congés parentaux et l'engagement des hommes dans la vie familiale, mais, en ce qui concerne les écarts de salaires, elle se situe sur des taux équivalents voire plus importants que la France.

Comment favoriser l'attractivité des postes de cadres et à responsabilités pour les femmes ? Et dans le milieu technologique et de l'innovation en particulier ?

Une étude internationale en partenariat avec l'UNESCO et des associations internationales - sur les femmes dans les métiers scientifiques et techniques, Gender Scan (www.data.gouv.fr/fr/datasets/gender-scan/), montre que de 2010 à 2015, il y a de moins en moins de jeunes filles qui s'orientent vers les nouvelles technologies. Avec Mounir Mahjoubi, secrétaire d'état au numérique, nous avons lancé un appel à l'orientation, qui a été vu des dizaines de milliers de fois par des jeunes filles et des jeunes hommes, notamment sur les réseaux sociaux, dans lequel nous faisons la promotion de ces métiers. A partir de la rentrée prochaine, avec le ministre de l'éducation nationale, à partir de la rentrée prochaine, nous aurons un plan encore plus offensif en direction de ces jeunes filles.

> Plus les rémunérations augmentent, plus l'écart entre hommes et femmes se creuse : de 9 à 27 %. C'est une situation que l'on observe dans beaucoup de pays, même en Suède.

Les entreprises sont-elles les seules responsables de ces inégalités ?

Il y a trois types de responsabilités. Tout d'abord, le monde du travail : les employeurs, les entreprises, les syndicats, les partenaires sociaux... Mais aussi les pouvoirs publics, c'est à dire nous le gouvernement. Il s'agit d'une grosse responsabilité que nous portons, et c'est pour cela que ce sera une priorité notamment de l'inspection du travail que de renforcer les contrôles aléatoires. En amont, les individus eux-mêmes sont aussi responsables. Par exemple, en sortant d'école d'ingénieur, les jeunes femmes diplômées demandent des salaires moins élevés par rapports aux jeunes hommes. Il y a donc un vrai travail à mener sur le comportement des individus eux-mêmes.

La question de la maternité occupe-t-elle une place importante dans ces disparités ?

J'ai présidé pendant près de dix ans le réseau "maman travaille" que j'avais créé et, effectivement, on observe que la maternité marque un premier vrai frein dans la carrière des femmes. Et, à partir du deuxième enfant, les écarts de carrière se creusent encore plus dans les couples hétérosexuels, entre les femmes et les hommes. C'est ça que j'appelle le "plafond de mère", et ce sont ces interruptions de carrière qui nous amènent à cet écart de salaire de 9 à 27 %. C'est pour cela qu'on veut faire un congé maternité harmonisé, y compris pour les professions libérales, les entrepreneuses et les agricultrices. J'ai d'ailleurs confié une mission parlementaire à une députée à cet égard. C'est pour cette raison aussi que nous voulons renforcer le congé paternité. Une mission de l'Inspection générale des affaires sociales (Igas), et les résultats nous seront remis au printemps.

Le choix des études influe-t-il également sur la vie professionnelle des femmes ?

Oui, le choix des études influe forcément, puisqu'il y a une orientation stéréotypée. C'est pour cela qu'il nous faut déconstruire ce qu'on appelle les "murs de verre", qui font qu'il y a des filières dites féminines et des filières dites masculines. Au sein de votre école, vous observez sans doute également une différence plus ou moins marquée selon les filières, même si l'UTC peut se féliciter de compter 38% de jeunes femmes dans ses effectifs d'étudiants.

Les domaines professionnels liés à la technologie ou à la science sont-ils plus concernés par la discrimination entre les hommes et les femmes ? Comment cela évolue-t-il ?

On observe en tout cas qu'il y a moins de femmes par exemple dans les startups. Il y a un rapport à l'argent très direct dans les startups, mais aussi à la culture du risque. Par définition, quand on innove, on un risque, mais cette culture du risque n'est pas encouragée chez des petites filles. C'est pour ça, qu'avec le secrétaire d'état au numérique on lance un véritable changement de culture, et des propositions seront faites dans les prochains mois. ■

Marlène Schiappa répond à six questions sur l'égalité salariale sur : webtv.utc.fr

LE SAVIEZ-VOUS ?

Atteindre l'égalité femmes-hommes. Un combat difficile.
Édition OCDE (2017)

RECHERCHE

Immersion dans la réalité virtuelle

Le CAVE Translife (Cave Automatic Virtual Environment) du laboratoire Heudiasyc (UMR UTC CNRS 7253), co-financé par la région Hauts-de-France et le Feder, est opérationnel depuis maintenant un peu plus d'un an. Dans cet espace dédié à la recherche, des projections 3D sont réalisées sur trois murs et au sol, offrant un rendu plus réaliste et naturel qu'un casque de réalité virtuelle. Cette plateforme expérimentale permet l'étude des interactions en environnement virtuel et trouve de nombreuses applications, en particulier dans le domaine de la formation professionnelle.

©Jean-Claude MOSCHETTI / HEUDIASYC / CNRS photothèque

Ce qui ne paraît au premier abord qu'un simple cube est en fait un équipement de pointe pour simuler numériquement des situations et des environnements avec une grande fidélité. Grâce à des lunettes 3D équipées de capteurs reconstituant le relief à partir d'images projetées sur plusieurs faces et par terre, l'utilisateur est plongé dans un environnement virtuel cohérent. Des caméras infrarouges détectent précisément et en direct ses mouvements afin d'adapter en temps réel les vues et les séquences en fonction des déplacements et des comportements de l'utilisateur. Dans les applications de formation professionnelle, ces données analysées par des algorithmes servent à évaluer l'état mental et physique de l'apprenant. Les exercices, peuvent ainsi être adaptés en fonction du niveau atteint, du stress et de la fatigue. En l'absence de formateur, il n'est cependant pas toujours évident de comprendre ses erreurs. Les chercheurs du laboratoire Heudiasyc cherchent donc à aller encore plus loin en concevant de nouveaux modèles pour aider à mieux visualiser les erreurs commises lors de l'exécution d'un geste. « La réalité virtuelle offre de nombreuses possibilités pour améliorer la pédagogie dans les modules de formation numériques » résume la responsable du programme de recherche TRANSLIFE Indira Thouvenin (enseignante chercheuse HDR). Ce programme est financé par la région et le FEDER, il a permis d'acquérir le CAVE pour des expérimentations échelle 1 en immersion.

L'étude des interactions en environnement virtuel pour concevoir des systèmes interactifs plus conviviaux et intuitifs représente un autre axe de recherche novateur expérimenté dans le CAVE.

Faciliter l'apprentissage

De nombreux secteurs économiques sont intéressés par ce potentiel. Le programme de recherche Kiva (Knowledge and Informed Virtual environment for gesture cApitalization) a été mené avec le groupe Montupet, l'un des leaders mondiaux de la fabrication de culasses en aluminium pour l'industrie automobile, afin d'améliorer l'apprentissage des gestes techniques lors du moulage d'une pièce. Spécialisée dans la formation par la réalité virtuelle, l'entreprise REVIATECH a pour cela réalisé l'environnement virtuel et intégré les résultats des travaux de recherche pour une meilleure utilisation du système. Plusieurs options ont été testées dans le CAVE comme l'indication de la direction à suivre par une flèche ou la reproduction du mouvement correct par une trace. Explicites, tous ces feedbacks n'indiquaient cependant pas où se situaient les erreurs. La solution retenue la plus efficace se focalise finalement sur l'analyse des défauts, laissant libres les manières de s'améliorer. Ce système appelé EBAGG est une sphère virtuelle matérialisant l'espace en trois dimensions dans lequel est effectué le geste. Des particules apparaissent dynamiquement si le mouvement dévie de la trajectoire optimale. Le nombre de ces particules détermine l'importance de la correction à apporter. Toujours en ce qui concerne les applications industrielles, le projet LEON (acceptabiLity of Emerging technOlogies in aeroNautics) en cours avec l'université de Picardie Jules Verne (UPJV) étudie l'acceptabilité des outils de réalité virtuelle dans l'aéronautique selon que l'on utilise un espace de type CAVE ou un casque. L'apprentissage du rivetage de pièces sous un fuselage d'avion, issu du projet NIKITA porté par Domitile Lourdeaux et réalisé avec la société EMISSIVE, pour la fabrication d'avions AIRBUS, servira de support pour comparer l'accueil de ces deux technologies.

L'étude des interactions en environnement virtuel pour concevoir des systèmes interactifs plus conviviaux et intuitifs représente un autre axe de recherche novateur expérimenté dans le CAVE. Le très original programme Social Touch explore par exemple une dimension encore peu utilisée de cette relation : le toucher. Un dispositif permettra à un personnage virtuel de toucher l'humain en face de lui dans différentes situations. La réciproque sera également possible. Il s'agira d'observer si le contact physique modifie le comportement de l'individu face à l'ordinateur. Nous ne manquerons pas de vous tenir informés des résultats de ces recherches prometteuses. ■

MÉTIER

La gestion énergétique : un secteur d'avenir

Leader mondial de la gestion énergétique, Schneider Electric offre de nombreuses opportunités de carrière aux jeunes ingénieurs. Directeur de la normalisation, Philippe Vollet, collaborateur du groupe français depuis près de 30 ans, évoque pour nous son parcours et les perspectives professionnelles qui s'ouvrent aux ingénieurs juniors d'aujourd'hui et de demain.

Comment êtes-vous entré chez Schneider Electric ?

L'industrie électrique est très présente dans la région grenobloise, au travers de l'entreprise Merlin Gerin qui a été intégrée au groupe Schneider Electric en 1992. Mon entrée chez Schneider Electric s'est donc faite de manière assez logique puisque j'ai fait des études d'ingénieur en génie électrique à l'Institut polytechnique de Grenoble. J'ai été recruté en 1989 en tant qu'ingénieur fiabiliste pour l'activité des tableaux basse tension.

Vous avez été amené à occuper des fonctions très différentes ?

Je ne souhaitais pas faire la même chose toute ma vie. J'ai commencé par des fonctions purement techniques, un Master 2 de management des entreprises à l'IAE de Grenoble obtenu en 1998 m'a permis d'élargir progressivement mon activité à des fonctions plus proches du marketing. responsable de l'innovation des tableaux basse et moyenne tension, j'ai imaginé et préparé les évolutions des marchés et des technologies, les nouvelles architectures de nos offres et leurs business modèles associés. Directeur de la stratégie pour l'activité distribution terminale, pionnier et directeur marketing de l'activité véhicule électrique, et enfin à mon poste actuel de directeur en charge du déploiement des actions d'influence et de la normalisation de la division bâtiments, je suis maintenant au cœur de la stratégie à moyen et long terme. Si l'on est curieux et ouvert, les possibilités sont multiples. On a besoin de spécialistes très pointus dans leurs domaines techniques mais aussi d'ingénieurs plus généralistes capables de s'adapter à des situations nouvelles. C'est ce qui me plaît dans les ingénieurs UTC ainsi que leur goût à se retrousser les manches. Si l'on veut faire une belle carrière, il faut aussi savoir être mobile. Je n'ai appris à travailler avec des Chinois que lorsque je me suis expatrié en Chine. Mes dizaines d'allers-retours effectués avant ne m'avaient apporté qu'une connaissance superficielle de ce pays.

Comment devient-on directeur de la normalisation ?

A mon avis, travailler dans le domaine de la normalisation internationale nécessite une certaine expérience. On représente son entreprise, son industrie dans des organismes de normalisation, dans les associations professionnelles et auprès d'institutions gouvernementales, nationales ou régionales, comme par exemple la commission européenne. Pour défendre les intérêts de l'entreprise, il faut avoir des bases solides sur ses technologies, ses offres, mais aussi une connaissance robuste de sa stratégie et de ses marchés. Comme moi, la plupart de mes collègues ont eu un parcours professionnel d'une quinzaine d'années au préalable dans l'entreprise pour acquérir cela. Si on ajoute que les résultats de nos actions ne sont le plus souvent visibles qu'après cinq à dix ans, on comprend qu'il faut avoir une stabilité certaine dans ce poste.

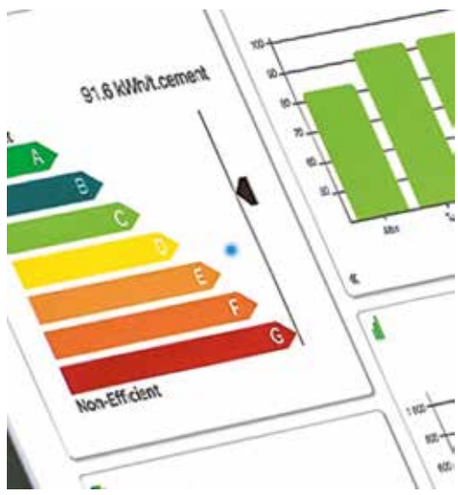
Quelles sont les évolutions du secteur de la normalisation ?

Les disparités diminuent même si des particularités d'usage demeurent. Dans le domaine électrique, ce sont les normes internationales IEC qui sont largement déployées dans les pays. L'Europe, l'Amérique du Nord et l'Asie (Chine, Japon et la Corée du sud) sont particulièrement impliqués. Ces normes sont élaborées par les meilleurs experts mondiaux. Elles contribuent notamment à définir la sécurité, les performances et l'interopérabilité des technologies électriques et électroniques, et forment la base des essais et des vérifications. En plus de protéger les consommateurs, cette uniformisation facilite l'accès à de nouveaux marchés pour les entreprises.

> Pour défendre les intérêts de l'entreprise, il faut avoir des bases solides sur ses technologies, ses offres, mais aussi une connaissance robuste de sa stratégie et de ses marchés.

En quoi y avez-vous contribué ?

Je suis moi-même membre de plusieurs commissions de l'IEC (International Electrotechnical Commission. Dans ce cadre, j'ai notamment participé à la création de normes internationales sur les bornes de recharge des véhicules électriques, (IEC TC69, IEC TC64, IEC SC23H, IEC SC23E,….). Il s'agissait de garantir un niveau de sécurité maximal pour les personnes et les biens, d'assurer une cohérence totale de fonctionnement entre les véhicules électriques (tous constructeurs), les bornes de recharge et l'installation électrique du bâtiment. L'interopérabilité des stations de recharge quel que soit le type de véhicule électrique (prises et protocole de communication..) était l'autre objectif suivi. J'ai également été actif dans la mise en place de normes produits dédiées à la gestion active de l'énergie dans un bâtiment (IEC SC23K,



IEC TC64, CEN TC247, …). Ce référentiel permet de disposer d'installations électriques et de systèmes de gestion efficaces ainsi que de gérer les sources et les charges d'énergie électrique.

Quels sont les secteurs les plus prometteurs de la gestion énergétique ?

Notre entreprise a toujours su évoluer avec son temps. Spécialisés dans la fonte au XIX^{e}, dans l'électromécanique au XX^{e} siècle, nous sommes maintenant reconnus mondialement comme chef de file de la transformation digitale de la gestion de l'énergie et de l'automatisation, comme par exemple les solutions d'efficacité énergétique. Face au dilemme énergétique à venir et à la décarbonisation, c'est un domaine en plein développement. Les villes représentent aujourd'hui 75% de la consommation d'énergie et 80% des émissions de carbone. On prévoit un doublement de la population en 2050. Dans le même temps, le système de production d'électricité centralisé actuel va aussi progressivement migrer vers une multitude de producteurs/stockeurs/consommateurs. Ces développements ultra-rapides nous imposeront non seulement d'avoir une production d'énergie plus propre, un réseau électrique plus intelligent mais surtout une plus grande efficacité énergétique et une plus grande gestion active de notre énergie avec des tarifs variables d'heure en heure comme cela se fait déjà dans certains pays. Les recrutements dans ce secteur vont sans aucun doute se développer. ■

L'AGENDA

interactions.utc.fr • www.utc.fr

13e prix de thèse Guy Deniélou

6 avril 2018

La 13e édition du prix de thèse Guy Deniélou aura lieu le vendredi 6 avril 2018 sous le parrainage de Plastic Omnium, ainsi que le soutien d'Airbus Safran Launchers et de l'Agglomération de la région de Compiègne.

Retrouvez notre série "Les thèses qui changent la vie" sur : webtv.utc.fr

Conférence internationale sur les matériaux pour le secteur aéronautique (ACMA2018)

24-26 avril 2018

Lors de l'ACMA2018, les participants discutent de l'état de l'art du champ étendu des matériaux qui entrent dans la construction des avions, pour trouver de l'inspiration pouvant donner de futures idées sur un plan spécifiquement multidisciplinaire.
Des séances spéciales, par projet, par pôle ou par réseaux, et des mini-conférences seront proposées sur la recherche et les sujets industriels "chauds".

https://acma2018.sciencesconf.org/

Finale du concours "Fleur d'Éloquence"

Mercredi 2 mai 2018

Une trentaine d'étudiants sur 80 au total participent au concours d'art oratoire "Fleurs d'éloquence" organisé par Sorbonne université. La finale, ouverte au public, se tiendra dans le petit auditorium de la Bibliothèque Nationale de France à 18h30. Sur des sujets imposés à l'avance, les candidats développeront leur argumentation en un temps limité.

www.fleursdeloquence.com • webtv.utc.fr

Conférence "system of systems engineering" IEEE SOSE 2018

19-22 juin 2018

La 13ème conférence internationale "System of Systems Engineering ", organisée par le labex MS2T, se tiendra sur le Campus de Jussieu - Sorbonne université et aura pour thème "Systems of systems Management and Control: Frontiers between cyber, physical, and social systems".

http://sosengineering.org/2018/

9e colloque sciences et technologie des poudres à l'UTC

3-5 juillet 2018

Les poudres sont au cœur de nombreuses applications industrielles dans des domaines tels que la pharmacie, la cosmétique, la chimie, l'agroalimentaire, les matériaux, l'énergie ou l'environnement. Le 9è colloque sciences et technologie des poudres a donc pour vocation de permettre aux différents acteurs universitaires, industriels et équipementiers de se rencontrer pour échanger leurs connaissances et s'informer des dernières avancées scientifiques et technologiques dans le domaine.

www.utc.fr/colloque-stp.html

AÉRONAUTIQUE

Vers des turbines moins polluantes

Contribuer à la diminution de 30 % du CO_2 émis par les moteurs d'avions de ligne et d'hélicoptères, c'était le défi du programme européen E-BREAK achevé l'année dernière. Cette initiative ambitieuse réunissant 41 partenaires de 10 pays a reçu en décembre dernier un Prix « Étoiles de l'Europe » mention innovation pour son excellence technologique et la qualité des coopérations scientifiques générées.

Lancé par le ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche en 2013, le prix Étoiles de l'Europe met en avant les projets de recherche coordonnés par des structures ou entreprises françaises s'appuyant sur des partenariats à l'échelle européenne. Les lauréats sont sélectionnés parmi les initiatives soutenues par l'Union européenne dans le cadre d'Horizon 2020, son plan pluriannuel en faveur de la recherche et de l'innovation – 80 milliards d'euros pour la période 2014-2020. Réunissant des laboratoires académiques, des centres de recherche privés, des PME et des motoristes d'envergure mondiale, le projet européen E-BREAK (Engine BREAKthrough and subsystems) a mobilisé l'équivalent de plus de 2 000 experts de l'aéronautique. Il a reçu une subvention de 18 millions d'euros de l'UE pour 30 millions investis en tout. Piloté par Safran Helicopter Engines basé près de Pau, ce programme réalisé de 2013 à 2017 avait pour but de lever un certain nombre de verrous technologiques en mutualisant les compétences et les moyens expérimentaux. « Un projet partenarial de cette ampleur est inédit pour Safran Helicopter Engines, coopérer avec des concurrents et des universitaires est une expérience atypique mais très enrichissante » analyse Manuel Silva, chef de projet recherche et technologies chez Safran Helicopter Engines diplômé de l'UTC en Génie mécanique qui a coordonné le projet. Plusieurs mois après, les retombées au niveau de la compétitivité et de l'économie ne manquent pas. 7 brevets ont été déposés. Les retours d'expérience prometteurs valorisables à plus long terme ont été nombreux. Plusieurs emplois ont été créés. Des écoles d'ingénieurs comme l'Ecole nationale des ingénieurs de Tarbes ou L'ISAE – SUPAERO de Toulouse ont gagné en visibilité et en reconnaissance vis-à-vis du monde industriel en raison notamment de la qualité de leurs plateformes expérimentales et de leurs compétences en simulation numérique.

Innover pour une aéronautique plus verte

E-BREAK s'inscrit dans un contexte incitant les industriels et chercheurs à concevoir des avions moins polluants et plus économes en énergie. Alors que les avionneurs prévoient un doublement de la flotte à l'horizon 2035, l' ACARE (Advisory Council for Aviation Research and innovation in Europe), organisme européen chargé d'élaborer une stratégie en matière de transports aériens, a fixé des objectifs de diminution des rejets de gaz à effet de serre et des dépenses énergétiques. E-BREAK s'est attaché à l'étude de technologies rendant possible la conception de moteurs plus compacts et plus légers, moins consommateurs en carburant. Les pressions et températures plus élevées régnant dans ces turbomachines plus compactes mais fournissant une puissance équivalente posent en effet un certain nombre de nouveaux défis technologiques. L'objectif était d'élaborer des sous-systèmes et des matériaux résistant à ces contraintes. Pas moins de six axes de recherche et 50 technologies ont été abordés pendant 4 ans et demi. Les objectifs ont été atteints ou dépassés dans 90% des cas. De nombreux tests sur des bancs d'essai ont été réalisés pour valider des résultats. Améliorer l'étanchéité grâce à des joints carbone de nouvelle génération, réduire le jeu entre la turbine et le stator en appliquant des revêtements de paroi plus performants thermiquement et mécaniquement, développer de nouveaux alliages plus légers compatibles avec des températures extrêmes tels les aluminures de titane, mieux contrôler l'état des pièces soumises à des contraintes mécaniques et thermiques importantes en recourant aux ressources de l'intelligence artificielle et du Big Data ont été quelques-unes des pistes explorées lors de ces années de recherche. ■

www.e-break.eu

DÉVELOPPEMENT DURABLE

Les données du DD en un coup d'oeil

Diplômée de l'UTC en génie urbain et de l'INSEAD, Claire Behar a remporté la 2e place du concours Dataviz ODD organisé par le ministère de la transition écologique et solidaire. Cet événement récompensait les meilleurs projets numériques expliquant les 17 objectifs de développement durable dans lesquels s'inscrivent les actions de la France pour répondre aux engagements du nouvel agenda 2030.

Actuellement chargée du développement d'un département Data analytics chez WorkIT Software, le spécialiste des big-data appliquées au e-commerce, Claire Behar s'intéresse aux enjeux du développement durable depuis ses études à l'UTC. En 2012, elle a décroché avec deux autres UTCéens une deuxième place au concours Génération développement durable de l'ADEME. Destiné aux étudiants de l'Enseignement supérieur, ce rendez-vous annuel récompense des solutions concrètes applicables au quotidien pour diminuer la consommation de ressources et les émissions de gaz à effet de serre. Pour séduire le jury, les trois élèves ingénieurs avaient conçu une application pour faciliter les trajets empruntant plusieurs modes de transport. Calculant automatiquement l'itinéraire émettant le moins de CO_2 et proposant des réservations groupées, ce site grand public était destiné à faciliter l'utilisation des transports en commun et du covoiturage.

Le point sur l'état de la planète

En 2017, grâce au réseau social eSteem valorisant les actions humanitaires et caritatives, elle découvre le concours de datavisualisation « Dataviz ODD ». C'est aussi sur ce réseau alternatif professionnel et associatif qu'elle rencontre ses deux futurs équipiers, salariés de l'énergéticien ENGIE également passionnés de développement durable. Quand elle se lance dans le défi, Claire a déjà entendu parler des objectifs de développement durable, plan d'action mondial à l'horizon 2030 lancé par l'ONU. Elle ignore en revanche encore bon nombre des indicateurs qui ont permis d'établir ce programme volontariste chiffré. Les 17 objectifs de ce document s'appuient en effet sur des diagnostics élaborés à partir de statistiques et données qualitatives recueillies à l'échelle du globe. Établir des comparaisons internationales pertinentes sur des thématiques aussi nombreuses n'est pas une mince affaire. Selon les pays, les critères peuvent être définis différemment d'où la difficulté d'offrir une synthèse cohérente. Dataviz ODD visait à rendre plus accessible cet état des lieux complexe et à mieux situer les actions de la France dans ce contexte. A travers des animations et des éléments graphiques, il s'agissait de rendre attrayantes et facilement compréhensibles, 244 données dans des domaines aussi différents que l'agriculture, le niveau de pauvreté ou la biodiversité terrestre. « Les indicateurs concernant le social sont relativement familiers à bon nombre d'entre nous, en revanche, lorsque l'on aborde l'artificialisation des sols ou la biodiversité, il faut savoir être pédagogue » analyse Claire Behar. Malgré l'ampleur de la tâche, ils ont deux mois seulement pour finaliser une proposition : « A l'UTC, nous avons appris à rendre des projets dans des délais très courts, ce qui m'a beaucoup servi ». Son expérience professionnelle dans le développement d'applications et l'expérience utilisateur l'aide également à avoir une vue d'ensemble et à hiérarchiser les priorités. L'élaboration du projet se fait uniquement à distance grâce à des outils collaboratifs. « Nous étions tous les trois de jeunes professionnels très occupés, habitant à différents endroits en Ile-de-France, c'était une manière efficace et écologique de travailler » résume-t-elle. Le résultat est un très beau site interactif permettant de s'approprier les objectifs de développement durable à travers quatre angles différents : une présentation générale, une comparaison entre départements français, des parallèles entre pays et enfin l'évaluation d'un projet personnel par rapport aux ODD. ■

START-UP

La musique personnalisée pour point de vente

A l'UTC, il y a une vie après les cours. Et, ce qui n'est qu'un passe-temps, peut amener à créer sa startup. Mikaël Bourdon, diplômé en ingenierie mécanique, en est l'exemple parfait. Passionné de musique, impliqué dans plusieurs associations musicales, et DJ lors de soirées étudiantes à l'UTC, il a créé en 2014 Soundsuit, un service de streaming de musique dédié aux points de vente

Comment vous est venue l'idée de proposer un système de diffusion de musique dédié aux magasins ?

Lorsque j'allais dans un magasin, j'étais toujours un peu étonné par le fossé qui existait entre la musique qui passait, la déco du lieu, le style de clientèle et le moment de la journée. Les systèmes existants n'étaient pas personnalisables et frustrants pour les employés, qui entendaient la même musique se répéter jour après jour. De plus, un gestionnaire de boutique ou de restaurant n'a pas le temps de sélectionner de nouveaux titres chaque jour et de les playlister dans un ordre logique pour couvrir 8 h d'ouverture de magasin. J'ai alors réalisé qu'il y avait une vraie demande des commerçants pour un système qui permettrait de diffuser, de manière simple et peu onéreuse, une musique adaptée et personnalisée à leur point-de-vente. Mais, lorsque j'ai eu cette idée, les systèmes d'intelligence artificielle et les technologies cloud n'étaient pas encore abordables et simples à mettre en œuvre. J'ai donc attendu 2014 pour déposer mon idée, en participant à un concours de création d'entreprise, avant de lancer Soundsuit en 2016.

Quel a été le plus gros défi dans ce projet ?

Dans notre cas, l'intérêt n'est pas d'avoir accès à toutes les musiques, mais d'avoir la bonne chanson au bon moment via une solution numérique engendrant le minimum d'effort de la part du professionnel qui l'utilise. Notre solution ne propose donc que très peu de fonctionnalités. Elle est le fruit d'un gros travail sur l'ergonomie, que nous avons réalisé selon des approches de « Design Thinking » et de « User-Centered Design». Le vrai challenge a été de bâtir une base de données musicales adaptée au marché professionnel (hôtellerie, gastronomie, luxe, mode, événementiel, etc.) et de développer une intelligence artificielle, qui contextualise et « pense » comme un DJ en temps réel. En amont de notre algorithme, il y a une phase de « fingerprinting », durant laquelle chaque fichier musical intégré dans notre base de données est scanné, analysé puis catégorisé, tant quantitativement que qualitativement, grâce à des techniques de Digital Signal Processing. Nous avons ensuite une petite équipe de « music lovers » en interne qui vérifie que la catégorisation automatisée des fichiers est correcte.

Quel est votre objectif pour 2018 ?

Nous avons lancé notre solution en Allemagne il y a un an maintenant, en travaillant avec les boutiques de meubles design Bo Concept. Notre objectif commercial pour 2018, c'est de conquérir de nouveaux secteurs (clubs de fitness, « social areas » dans les entreprises) et de nous étendre en Europe. Le futur de Soundsuit passera aussi, à plus long terme, par l'internet des objets. L'intégration avec des plateformes comme Nest, Netatmo, etc. permettrait à Soundsuit, via les informations relevées par les capteurs en point de vente, de recevoir en temps réel des données (température, nombre de clients, niveau sonore, etc.) et d'adapter la musique de façon encore plus pertinente. Quant à l'intégration d'assistants vocaux, cela permettrait à l'employé du point de vente d'ajuster l'ambiance musicale encore plus simplement, comme auparavant le gérant d'une boutique dialoguait avec le DJ. Tout change, et rien ne change finalement ! ■

Technicité et sens de la négociation

Diplômé de l'UTC 1986 filière génie informatique, Éric Schindler est actuellement responsable des projets d'infrastructure réseau pour l'Europe chez Procter et Gamble. Son parcours professionnel ainsi que son engagement associatif et citoyen conjugue technicité, ouverture et sens des relations humaines.

Passionné de biologie, le jeune bachelier choisit d'abord la spécialité génie biologique. Mais peu intéressé par les UV de chimie intégrées à cette filière, il rejoint finalement la filière informatique. A la fin de son cursus, il réalise simultanément deux stages particulièrement marquants dans la région de Compiègne. Pendant quatre jours de la semaine, il est chez Saint-Gobain, participant à la réalisation de prototypes de pare-brises pour la future R 21 de Renault. Le vendredi et le samedi, il pilote une équipe de 40 personnes chez le parfumeur Yves Saint Laurent. Cette double expérience met en évidence son goût à la fois pour l'industrie et l'humain : « D'un côté, j'étais plongé dans l'informatique industrielle avec le pilotage de fours par ordinateur, de l'autre je découvrais l'univers du luxe et les fonctions de management et de contrôle qualité ». Six mois plus tard, pour son entrée dans la vie professionnelle, il postule sans trop y croire chez Procter et Gamble. Malgré un processus de recrutement exigeant, il décroche son premier poste. Il débute avec un poste en informatique industrielle à l'usine d'Amiens. Après cette première expérience de trois ans, il rejoint le siège social à Neuilly-sur-Seine pour des missions d'analyse en informatique de gestion :« J'ai voulu changer de site, quitter l'univers strictement industriel ». C'est le moment où Procter et Gamble acquière de nombreuses sociétés françaises aux productions variées. Il faut intégrer l'activité de ces différentes entités en uniformisant la supply-chain et le système logistique. Dans un second temps, l'harmonisation européenne des comptabilités et gestion financières de cette multitude de structures est également à l'ordre du jour. De 1996 à 1998, il travaille ainsi sur le progiciel SAP avec des fiscalistes et des spécialistes des systèmes financiers. Ces années de collaboration avec d'autres spécialités lui apportent une excellente connaissance du fonctionnement des différentes activités du groupe américain dans notre pays.

De l'informatique aux relations commerciales

Fort de cette expertise et de cette polyvalence, il quitte l'informatique pour le département des ventes : « En plus de la promotion de nos produits auprès de Leclerc et Auchan, j'utilisais mes compétences techniques pour développer l'informatisation des commandes, factures et paiements ». Les premiers pas dans cette fonction ne sont pas toujours évidents mais il y développe son sens des relations humaines et de la négociation. Son aisance dans la communication et l'organisation d'équipes lui permet de devenir en 2001 directeur informatique de l'usine pharmaceutique que possède alors le géant américain. Ce secteur exigeant en termes de contrôles et de normes est riche d'enseignements : « A chaque changement du système informatique, nous devions justifier par écrit que ces modifications n'impactaient pas la qualité des médicaments ». Membre du comité de direction de l'usine, il exerce aussi des responsabilités plus transversales. A la revente de cette activité, il réintègre le département informatique. Devenu acheteur IT purchasing, il sélectionne les prestataires chargés de mettre en place les nouveaux systèmes logistiques et commerciaux pour l'Europe. Depuis 2011, il est chargé des projets de réseaux informatiques au niveau mondial : « Je déploie des solutions améliorant la productivité et le bien-être des 100 000 collaborateurs du groupe quel que soit leur lieu de travail ». A côté de cet emploi du temps très chargé, Eric trouve aussi le temps de s'engager pour sa ville et son ancienne école. Depuis 2001, il est conseiller municipal délégué à la gestion des mobilités à Neuilly-sur-Seine : « Ma formation d'ingénieur m'est très utile pour comprendre les dossiers techniques de voirie et d'infrastructures routières ». De ses quatre ans à la présidence de l'association Tremplin UTC Alumni, il retire un sentiment d'utilité et le plaisir de partager une ambiance conviviale : « Nous allons lancer beaucoup de nouveaux services pour les UTCéens comme par exemple un prêt d'honneur ». Cette structure qui fête ses quarante ans cette année peut compter sur son dynamisme et ses qualités d'organisateur. Une carrière riche en challenges peut aussi se conjuguer avec un engagement au service des autres. ■

BIO EXPRESS

1986 Diplômé de l'UTC filière génie informatique
1987 3e cycle Institut d'administration des entreprises (IAE)

Entre chez Procter et Gamble en **1987**
1998 - 2001 Département des ventes
2001 - 2007 Directeur informatique, division pharmaceutique
2007 - 2011 Acheteur IT Purchasing pour l'Europe (53 pays)
2011 Responsable des projets d'infrastructure réseaux 2001

Premier mandat de conseiller municipal à Neuilly-sur-Seine
2014 Devient président de l'association Tremplin UTC Alumni

utc Université de Technologie Compiègne
SORBONNE UNIVERSITES
Interactions
interactions.utc.fr

Direction de la publication
Philippe Courtier
Rédaction en chef
Nadine Luft
Rédaction
Marilyne Berthaud
Bénédicte Haquin
Olivier Moulergues
Conception / Réalisation
L'agence
& Dorothée Tombini-Prot
Assistante
Corinne Delair
Photos p. 6 et 13
Eric Nocher
Impression
Imprimerie Lesaffre

UTC-CS 60319
60203 Compiègne Cedex
www.utc.fr

Imprimé sur papier certifié
ISSN 2267-9995

Avec le soutien de

PEFC-Certifié
Ce produit est issu de forêts gérées durablement et de sources contrôlées.
PEFC
PEFC/07-31-184
www.pefc.org