RECHERCHE

Des semelles intelligentes

Page 2

ATELIER PROJET

Les utcéens préparent les 100 ans du transport aérien

Page 17

SPORT ÉLITE

De l'UTC à l'Atlantique

Page 18

utc Université de Technologie Compiègne

SORBONNE UNIVERSITES

AOÛT 2017 ### N° **44**

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

Donnons un sens à l'innovation

Interactions

LES DOSSIERS

L'industrie du futur

page 5

LE TEMPS DE PAROLE

Regard sur l'industrie 4.0

Dorothée Kohler et Jean-Daniel Weisz, du cabinet de conseil en stratégie Kohler C&C

page 15

ÉDITORIAL

L'UTC aux côtés des entreprises

La transformation numérique de l'industrie constitue un défi sociétal majeur. Pour l'UTC, qui accompagne un nombre croissant d'entreprises dans cette mutation, il s'agit d'un champ d'investigation de plus en plus stratégique.

Entre le déploiement massif du numérique dans l'ingénierie, la production, mais aussi dans les produits eux-mêmes avec l'internet des objets, et l'arrivée de technologies de rupture comme la fabrication additive, c'est une véritable révolution industrielle qui se profile. A la clé, une industrie plus connectée, plus compétitive, plus agile, capable d'innover plus vite, de produire mieux et à moindre coût – y compris de très petites séries, voire du sur-mesure –, plus économe en matières premières, en énergie…

Autant d'enjeux décisifs pour les entreprises et, plus largement, pour les pays développés. Industrie du futur en France, Industrie 4.0 en Allemagne, Smart Manufacturing aux États-Unis, Made in China 2025 en Chine… Beaucoup se sont ainsi dotés d'une stratégie nationale pour accélérer cette mutation, dont la finalité dépend des réalités locales. En France, par exemple, il s'agit d'engager le renouveau industriel du territoire et d'enrayer les délocalisations, tandis qu'outre-Rhin, l'Industrie 4.0 vise à préserver le leadership des entreprises allemandes (lire page 15).

Stratégique, ces enjeux le sont également pour l'UTC. Ses chercheurs travaillent en particulier sur deux piliers de cette industrie de demain, dont les données seront un actif clé. D'une part, la continuité des flux d'information dans l'ingénierie et la production (lire page 7). De l'autre, le traitement des données collectées grâce aux technologies d'intelligence artificielle, afin de les transformer en connaissances permettant d'optimiser la conception des produits et des procédés de fabrication (lire page 10), la qualité de la production (lire page 11) et la maintenance prédictive de l'outil industriel (lire page 12). Mais ils ont également lancé des recherches sur les alliages métalliques pour la fabrication additive (lire page 14). ■

Philippe Courtier,
directeur de l'UTC

Pierre-André de Chalendar, parrain de la promo 2017

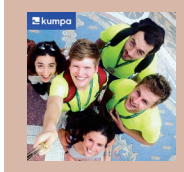
Vendredi 22 septembre, Pierre-André de Chalendar, président-directeur général de Saint-Gobain et parrain de la cérémonie de remise des diplômes 2017, a rencontré les étudiants de l'UTC pour une heure d'échanges. Cela a été suivi par la signature d'un partenariat stratégique entre Saint-Gobain et l'UTC portant notamment sur les domaines de l'usine du futur, sur des sujets de recherche technologique comme les vitrages et sur le développement des entreprises à l'international et tout particulièrement au Mexique, où l'UTC possède un campus à México et une unité mixte internationale du CNRS. ■

Replay des questions-réponses en vidéo sur http://webtv.utc.fr

Un prix à l'European Navigation Conference 2017 pour un doctorant UTC

Franck Li, doctorant au laboratoire Heudiasyc, a remporté le prix de la meilleure présentation à l'European Navigation Conference 2017, après avoir présenté les travaux réalisés dans le cadre de sa thèse, intitulée "Enhancing digital maps for ADAS and autonomous commuter cars" et encadrée par Philippe Bonnifait, professeur à Heudiasyc. ■

Kumpa, la startup UTC qui fait courir retenue au concours international d'innovation



Kumpa, une toute nouvelle startup fondée par Maxime Robinet, étudiant à l'UTC, Vincent Ledoux et Guillaume Pillon (diplômés UTC), a fait partie des 10 projets retenus pour un coaching personnalisé à l'issue du jury de l'European Innovation Academy (EIA) Ils seront aux cotés de projets issus de grandes universités comme Berkekey... Kumpa propose aux coureurs de transformer leur séance d'entrainement en un véritable jeu vidéo immersif, via une application pour smartphone. Une fois téléchargée, elle permet, seul ou à plusieurs de courir au sein d'un univers virtuel et de réaliser des défis ! ■

http://webtv.utc.fr • www.kumpa.co/

RECHERCHE

Des semelles intelligentes

Mesurer les appuis du pied en temps réel mais aussi les postures du haut du corps, c'est ce que permettent les semelles intelligentes développées par Khalil Ben Mansour ingénieur de recherche au laboratoire de biomécanique et de bioingénierie (BMBI) et son équipe d'étudiants.

Léger et agile, le dispositif peut s'adapter à toutes les conditions. « Pour travailler sur l'étude des mouvements sur le terrain, nous n'avions jusqu'à présent que des équipements dont l'installation dure une demi-journée, avec ces semelles nous pouvons effectuer des mesures sur place instantanément » résume le spécialiste en biomécanique. Simplicité et efficacité sont les maître-mots. Cinq capteurs intégrés dans la semelle droite et gauche permettent de mesurer les pressions exercées par chaque pied. Une centrale inertielle portée au niveau de la ceinture analyse de son côté la position du tronc et des membres. Les quelques fils et la batterie peu encombrante laissent une liberté de mouvement totale. Un système Bluetooth transmet les données en direct sur un smartphone ou un ordinateur. Très intuitif, l'interface affiche la force exercée au niveau de chaque capteur grâce à une échelle de couleurs. Un autre écran offre quant à lui la possibilité de visualiser la posture à l'aide d'un mannequin.

Comprendre les mouvements en direct

Après un an de travail avec des étudiants de la filière BMBI, le système est maintenant fonctionnel. « L'intégration des capteurs dans la semelle et la connexion Bluetooth ont mobilisé la majorité de notre temps » se souvient le responsable du projet. Les applications de ce nouvel outil sont nombreuses que ce soit au niveau industriel, médical ou sportif. Le faible coût de ces semelles intelligentes – environ une cinquantaine d'euros la paire - devrait séduire un large public. « Nous travaillons actuellement avec une entreprise de logistique qui souhaite analyser les déplacements et les positions de salariés sur une plate-forme de préparation de commandes afin d'éviter les risques de blessures et d'évaluer la dépense d'énergie » explique Khalil Ben Mansour. Ce dispositif trouvera également son utilité chez les podologues pour réaliser des semelles orthopédiques encore plus précises. L'entraînement des athlètes est également concerné avec une amélioration des gestes à la clé. Un prototype définitif devrait voir le jour au début de l'année prochaine. Un design amélioré et la possibilité d'envoyer les données vers un Cloud seront notamment proposés. ■

RÉCOMPENSE

Nouveaux débouchés pour l'huile de colza

Le 2 mai dernier, le professeur Christophe Len du département génie des rocédés de l'UTC s'est vu décerner le Glycerine Innovation Award pour ses travaux pendant plus de 10 ans sur le glycerol. Ce prix remis à Orlando (USA) durant la conférence annuelle de l'American Oil Chemists' Society marque la reconnaissance d'une carrière consacrée à la valorisation d'un coproduit des esters méthyliques, l'additif utilisé dans le biodiesel.

Le biodiesel commercialisé en Europe est composé de 7 à 12 % d'esters méthyliques fabriqués à partir d'huile de colza et de tournesol. Pour 10 tonnes d'additifs produits, 1,2 tonne d'un coproduit appelé glycérol brut est également généré. Ce résidu inutilisable sous cette forme était jusqu'à présent brûlé. Pourtant en le raffinant à haute température et en lui faisant subir des transformations chimiques, on peut employer cette substance dans de nombreuses applications industrielles, pharmaceutiques et agricoles. Depuis 2008, Christophe Len étudie à l'UTC les procédés pour transformer ce déchet de production en molécules à haute valeur ajoutée.

Avec son équipe de doctorants et post-doctorants, il a découvert de nombreuses pistes pour en faire une base incontournable de la chimie verte. « Nous avons d'abord réussi à synthétiser du glycérol carbonate, synthon biodégradable intéressant pour la production de pesticides biosourcés actifs contre les nuisibles de la vigne. Diverses réactions ont ensuite été mises au point pour créer des dérivés de l'acide acrylique utilisables par l'industrie des plastiques et par l'industrie pharmaceutique pour produire des dérivés de la quinine utilisés pour lutter contre le paludisme ainsi que comme colorants alimentaires » résume ce spécialiste de la chimie organique.

Vers une nouvelle industrie chimique ?

Ses recherches ont également permis d'industrialiser des procédés employés auparavant uniquement à l'échelle de laboratoires. « Au départ, nous procédions avec des réactions de type batchs, aujourd'hui nous avons développé un système en flux continu pour produire industriellement de la quinoléine dans des conditions de productivité et de sécurité maximales ». Les solutions développées sont prometteuses, reste à convaincre les acteurs de la pétrochimie de l'intérêt économique de se lancer dans ces bioraffineries. Le cours des produits pétroliers mais aussi les politiques européennes au sujet des biocarburants détermineront pour une large part le déploiement ou non de ces technologies à grande échelle. ■

RECHERCHE

Des cahiers pour les sciences humaines

Le numéro un des Cahiers Costech est sorti ! Cette nouvelle publication entièrement en ligne est consacrée aux recherches en sciences humaines abordant la technologie. Le but de cette initiative est de donner de la visibilité aux travaux scientifiques en cours et créer un espace d'échanges entre chercheurs.

« Notre ambition est de proposer un outil différent des publications scientifiques conventionnelles sur papier, le format ainsi que la taille des articles ne sont pas calibrés à l'avance, Internet nous permet d'étendre la période de sortie d'un numéro sur plusieurs semaines »

explique le rédacteur en chef Jérôme Valluy, chercheur en sciences politiques / sciences de l'information et de la communication à Costech. Pour favoriser cette souplesse, des responsables de rubriques sélectionnent les contributions soumises par des chercheurs. De l'anthropologie à la philosophie en passant par les sciences politiques et l'économie, chacune des thématiques traitée dans les Cahiers correspond à un domaine de recherche du laboratoire Costech (connaissance organisation et systèmes techniques). L'idée est bien sûr de valoriser l'importante contribution scientifique de cette structure utcéenne mais aussi et avant tout de créer un lieu de partage pour tous les chercheurs abordant ces thématiques. Dans le domaine très pluridisciplinaire des sciences humaines et sociales appliquées à la technologie, les travaux se trouvaient en effet jusqu'à présent dispersées entre de nombreuses revues spécialisées. Les Cahiers Costech constituent désormais une référence commune accessible gratuitement. L'autre intérêt de la démarche est de donner à voir la recherche en sciences humaines au sein d'une école d'ingénieurs. « Nous travaillons dans un milieu technologique très différent des universités qui ne font que des sciences humaines, ce projet nous permet d'affirmer notre légitimité sur ces sujets » souligne le responsable de la publication. Sorti fin juin, le premier numéro est précisément intitulé « Des sciences humaines et sociales dans des établissements de technologie ». La parution suivante est quant à elle prévue pour la fin de l'année.

Montrer la science en train de se faire

Cette nouvelle plate-forme propose des contenus différents des articles scientifiques habituels. En accordant la même importance à des bibliographies scientifiques, des notes de recherche ou des présentations orales retranscrites à l'écrit qu'à de nouvelles versions d'articles déjà publiés dans des revues scientifiques, les Cahiers Costech ont choisi une ligne éditoriale résolument novatrice. Il s'agit de mettre en valeur la recherche en train de se faire et pas seulement les résultats scientifiques définitifs qui seuls comptent pour les revues scientifiques actuelles. « Nous produisons beaucoup de documents intéressants qui ne sont jamais publiés car ils correspondent à une recherche encore inachevée, n'ayant pas automatiquement vocation à être soumise aux comités de lecture des revues scientifiques classiques » souligne Pierre Steiner, enseignant-chercheur en philosophie au sein du programme Homtech (sciences de l'homme en univers technologique) et responsable de la rubrique du même nom. L'objectif est de montrer les différentes étapes conduisant aux conclusions finales. En plus de donner accès à des inédits directement issus des laboratoires, ce nouveau média propose aussi des contenus évolutifs. Après la publication, la rédaction des articles peut se poursuivre en fonction des avancées des recherches et des relectures. Grâce à cette diversité, ce site innovant offre un état des lieux suivant au plus près les avancées scientifiques sur le terrain. ■

plus d'infos ▶ **www.costech.utc.fr/CahiersCOSTECH/**

Une médaille de bronze en roller pour une utcéenne

Laurine Dictus, élève de tronc commun suivant le cursus sport-élite, a remporté en juillet la troisième place du podium du championnat France Roller Course au 300 mètres juniors dames. ■

L'aide au handicap récompensée au James Dyson Awards 2017

Deux étudiants UTC de la filière ingénierie du design industriel, Jordy Manière et Romain Radreaux, sont finalistes du top 5 James Dyson Awards 2017, avec leur projet Liftup. Liftup permet d'améliorer l'autonomie et le confort des personnes ayant des difficultés pour s'asseoir et se lever en soutenant la partie postérieure du corps, et ce, sans source d'énergie électrique. Le dispositif, qui peut s'adapter à n'importe quel siège, est composé de deux pistons hydrauliques réglables, apportant entre 50% et 70% de l'effort à fournir pour se lever ou s'asseoir, avec une vitesse progressive et contrôlée. ■

https://jamesdysonaward.org/fr/projects/liftup/

Visite d'usines sur le campus de México

Des étudiants du campus UTC d'ingénierie au sein du Liceo Franco Mexicano A.C. ont visité deux usines de Saint-Gobain développant les compétences par métier. Il s'agit de la première sortie dans le cadre du projet de programme d'accompagnement des étudiants du tronc commun destiné à rapprocher les étudiants des entreprises franco-mexicaines.
47 nouveaux étudiants ont cette année intégré le tronc commun UTC au sein du lycée franco-mexicain. ■

ATELIER PROJET

Un concours pour repenser les bords de Seine

En troisième année de l'UTC, cursus Humanités et technologie, spécialité génie urbain, Alexandre Murer a participé au concours organisé par l'institut d'urbanisme Ergapolis. L'objectif était d'imaginer un nouvel usage pour trois sites en bord de Seine actuellement délaissés par les habitants : une ancienne plaine agricole à Chanteloup-les-Vignes près de Paris et les rives du fleuve à Rouen. Son équipe Seinographie a remporté le premier prix. Retour sur une expérience enrichissante à plus d'un titre.

Quelles ont été vos propositions pour retrouver une fonction à ces lieux inutilisés ?

À Chanteloup, les sols sont pollués par des métaux lourds à cause du passé industriel du site. Nous avons donc proposé d'implanter des cultures non alimentaires qui permettent d'extraire les polluants tout en produisant des écomatériaux pour la construction. L'aspect de cet écoparc se renouvellerait chaque année grâce à la rotation des cultures tout en préservant également la qualité des sols. A Rouen, notre objectif était de redonner une attractivité aux rives de la Seine occupées actuellement par des activités industrielles et une friche ferroviaire. En suggérant une réorganisation des espaces de stockage dédiés à la logistique en concertation avec les entreprises, nous avons libéré des espaces pour aménager une piste cyclable. Les rives asphaltées actuellement peu propices à la balade et au tourisme retrouveraient ainsi de l'attractivité. Pour la friche ferroviaire, un aménagement évolutif a été imaginé. A l'horizon 2025, ce site pourrait accueillir une gare de la ligne grande vitesse Paris Normandie – entre Le Havre et l'aéroport Charles de Gaulle. Pour faire face à cette incertitude, notre projet contient plusieurs scénarios d'aménagement en fonction de la réalisation ou non de ce grand équipement.

Qu'est-ce qui a séduit le jury ?

Nous avons développé une approche originale que nous avons nommée « Culture du paysage ». L'objectif était de prendre en compte la richesse du patrimoine naturel et historique du fleuve pour dépasser les oppositions entre espaces urbanisés et campagne. Les solutions que nous avons imaginées visent à préserver une continuité entre le bâti et les espaces naturels, entre le passé et le futur. Jusqu'à maintenant, les urbanistes avaient plutôt tendance à proposer des aménagements complètement nouveaux à partir de rien. Notre dossier tente d'utiliser au maximum ce qui existe déjà pour des questions de coût mais aussi d'histoire et d'acceptation par les habitants. Nous avons aussi insisté sur la concertation avec les différents acteurs. Sur la plaine agricole de Chanteloup, il existe des occupations illégales de certaines parcelles. C'est seulement par le dialogue que l'on peut résoudre cette situation complexe.

Comment ont été constitué les équipes ?

Les trois équipes étaient composées de neuf étudiants venus de chaque école partenaire. Les disciplines représentées étaient donc très variées. Notre équipe était constituée d'étudiants en architecture, aménagement, une urbaniste, un sociologue, un paysagiste et deux ingénieurs. Pour faire collaborer tous ces profils spécialisés, nous avons dû adopter une démarche transversale pour chaque site. La sociologue et le paysagiste de notre équipe avaient déjà une expérience professionnelle importante. J'ai beaucoup appris à leur contact.

En tant qu'ingénieur, qu'avez-vous apporté au projet ?

A l'UTC, nous apprenons à travailler en mode projet, j'ai utilisé ces connaissances méthodologiques afin d'avancer plus vite collectivement. Pour rendre le fonctionnement de notre groupe plus efficace, j'ai mis en place des outils collaboratifs en ligne, bien formalisé le déroulement des réunions avec la rédaction systématique d'un ordre du jour et d'un compte-rendu. Le département GSU nous donne une vision très étendue et pluridisciplinaire des problématiques d'urbanisme, cela m'a permis d'envisager l'avenir des trois sites dans un cadre régional et national plus large. Il me semblait par exemple important de remettre nos propositions dans le contexte du bouleversement des infrastructures de transport. Avec le Grand Paris, les voies fluviales et ferroviaires vont en effet connaître de grands changements qu'il est important de prendre en compte. Nous avons tenté d'imaginer le futur en cohérence avec ces évolutions globales. ■

L'industrie du futur

l'UTC aux côtés des entreprises

La transformation numérique de l'industrie constitue un défi sociétal majeur. Pour l'UTC, qui accompagne un nombre croissant d'entreprises dans cette mutation, il s'agit d'un champ d'investigation de plus en plus stratégique. Zoom sur ses principaux axes de travail et les spécificités de son approche de l'industrie du futur.

Entre le déploiement massif du numérique dans l'ingénierie, la production, mais aussi dans les produits eux-mêmes avec l'Internet des objets, et l'arrivée de technologies de rupture comme la fabrication additive (l'impression 3D), c'est une véritable révolution industrielle qui se profile. A la clé, une industrie plus connectée, plus compétitive, plus agile, capable d'innover plus vite, de produire mieux et à moindre coût – y compris de très petites séries, voire du sur-mesure –, plus économe en matières premières, en énergie…

Autant d'enjeux décisifs pour les entreprises et, plus largement, pour les pays développés. Industrie du futur en France, Industrie 4.0 en Allemagne, Smart Manufacturing aux États-Unis, Made in China 2025 en Chine… Beaucoup se sont ainsi dotés d'une stratégie nationale pour accélérer cette mutation, dont la finalité dépend des réalités locales. En France, par exemple, il s'agit d'engager le renouveau industriel du territoire et d'enrayer les délocalisations, tandis qu'outre-Rhin, l'Industrie 4.0 vise à préserver le leadership des entreprises allemandes (lire page 15).

Stratégique, ces enjeux le sont également pour l'UTC. Ses chercheurs travaillent en particulier sur deux piliers de cette industrie de demain, dont les données seront un actif clé. D'une part, la continuité des flux d'information dans l'ingénierie et la production (lire page 7). De l'autre, le traitement des données collectées grâce aux technologies d'intelligence artificielle, afin de les transformer en connaissances permettant d'optimiser la conception des produits et des procédés de fabrication (lire page 10), la qualité de la production (lire page 11) et la maintenance prédictive

de l'outil industriel (lire page 12). Mais ils ont également lancé des recherches sur les alliages métalliques pour la fabrication additive (lire page 14).

L'atout de la pluridisciplinarité

« Ce qui fait notre originalité sur ces sujets, c'est d'abord notre approche systémique, souligne Benoît Eynard, chercheur au laboratoire Roberval. L'UTC se positionne moins comme développeur de technologies spécifiques (de robotisation, de traitement des données…) que comme intégrateur : comment faire coexister les différentes briques à mettre en œuvre dans le système industriel du futur ? Face aux problématiques complexes que soulève cette question, elle a l'avantage d'être pluridisciplinaire, ce qui lui permet d'avoir une démarche holistique. » Elle peut en effet mobiliser ses compétences en génie mécanique, en génie des procédés, en sciences et technologies de l'information et de la communication, mais aussi en sciences humaines et sociales (lire ci-dessous). Et, grâce à cette dimension pluriculturelle, aborder l'industrie du futur en intégrant à la fois ses aspects technologiques et sociaux, en pensant les systèmes « avec l'humain » et non « malgré l'humain ».
« Nous partageons totalement la vision française de l'industrie du futur, qui n'est pas celle d'une usine entièrement robotisée, explique Jérôme Favergeon, directeur du laboratoire Roberval. Il s'agit certes d'automatiser toutes les tâches répétitives, mais les hommes resteront au cœur du processus pour toutes les tâches à valeur ajoutée. C'est pourquoi une équipe du laboratoire travaille avant tout sur des méthodologies et des outils d'aide à la décision destinés à leur faciliter la tâche.»
Enfin, la spécificité de l'UTC, c'est de mener ses recherches sur l'industrie du futur en partenariat avec de grands groupes et des PME, ce qui lui permet de proposer des solutions plus pertinentes et de les porter à un niveau de maturité plus élevé qu'elle ne pourrait le faire seule. Pour mieux cultiver cette approche très fertile, elle projette d'ailleurs de créer un open lab : un laboratoire associant ses forces et celles d'industriels, dans une logique d'innovation ouverte et collaborative. ■

L'UTC se positionne moins comme développeur de technologies spécifiques (de robotisation, de traitement des données…) que comme intégrateur

« L'erreur serait de confondre substitution et suppléance »

Questions à Charles Lenay, chercheur à Costech (Connaissance organisation et systèmes techniques), le laboratoire de recherche technologique en sciences humaines et sociales de l'UTC.

Comment voyez-vous l'industrie du futur et la place qu'y occuperont les hommes ?
L'erreur serait de confondre substitution et suppléance. Lorsqu'on introduit de nouveaux outils numériques, des robots, on imagine souvent qu'ils se substitueront à l'humain. La réalité – avérée dans toute l'histoire des techniques – est qu'un outil ne remplace jamais rien : il ajoute et transforme le champ des possibles. Les machines qu'on pense « intelligentes » ne nous remplacent pas. En revanche, elles modifient notre façon de percevoir, de raisonner, de nous organiser, d'interagir les uns avec les autres…
Ensuite, on décrit souvent l'industrie du futur comme modulable, agile, résiliente face aux évolutions de son environnement, à l'instar du vivant. Personnellement, je crois qu'il faut moins la penser comme un organisme isolé qui s'adapterait à son milieu que comme un mycélium : ce réseau de filaments qui courent sous terre pour donner çà et là naissance à des champignons. Notre façon d'être humain est de fonctionner en réseau. Or les techniques numériques vont permettre à l'industrie de s'organiser de façon plus distribuée dans l'espace. Les grandes usines, lieux de concentration de compétences et d'opérations, pourraient céder la place à des réseaux de sites. Mais, là encore, il serait absurde de penser ces usines distribuées sans hommes, car ce sont eux qui resteront porteurs du sens de l'activité et feront fonctionner le réseau.

Que peut apporter Costech aux industriels dans leur réflexion sur ces sujets ?
Costech étudie comment les techniques, et en particulier le numérique, modifient les activités humaines et l'expérience vécue par les individus. Nous pouvons donc aider les industriels à monter en abstraction pour comprendre ce qui se joue à travers la transformation numérique de leur entreprise et repenser le rôle de leurs collaborateurs face à des automates qui ne vont pas les remplacer, mais transformeront leurs activités. ■

La continuité numérique, *clé de voûte de l'industrie du futur*

La continuité numérique de l'information est un des paradigmes clés de l'industrie plus agile et plus productive de demain. C'est un des axes de recherche du laboratoire Roberval. Explications et illustrations.

Développer des produits plus intelligents, connectés, personnalisés, moins énergivores, plus faciles à fabriquer, à maintenir, à recycler… autrement dit, de plus en plus complexes, tout en réduisant leurs délais de mise sur le marché, mais aussi leurs coûts de conception, d'industrialisation et de production. Pour relever ces défis, les industriels doivent en finir avec le travail en silos : mieux intégrer et capitaliser les expertises – et donc les données – des différents métiers, afin qu'ils puissent facilement accéder à toutes les informations nécessaires pour gagner en efficacité, réutiliser au maximum l'existant lors des nouveaux développements, faire les bonnes pièces du premier coup, piloter la production de façon plus agile…

C'est tout l'enjeu de la continuité numérique, qui désigne la capacité à disposer de l'ensemble des informations numériques sur un produit ou un système tout au long de son cycle de vie. Tout le défi aussi, car il s'agit d'intégrer des données provenant de sources très diverses, et donc de formats fortement hétérogènes : fichiers de CAO en 3D, de FAO, plans, documentation technique, fichiers Excel…

> Qu'il s'agisse de développer des outils d'aide à la décision permettant d'optimiser le pilotage du process de production, la maintenance des machines et la qualité des produits fabriqués, ou de produire des pièces métalliques en fabrication additive: toutes les thématiques de l'industrie du futur sur lesquelles travaille l'UTC supposent d'intégrer des flux de données hétérogènes

Bientôt, une équipe spécifique

Pour gérer ces données et faciliter leur partage entre métiers, les industriels disposent certes d'outils de gestion du cycle de vie des produits ou Product Lifecycle Management (PLM) : systèmes de Product Data Management (PDM) pour les données de conception, de Manufacturing Process Management (MPM) pour les données d'industrialisation (gammes de fabrication, etc.) et d'Enterprise Resource Planning (ERP) pour les données relatives de production (nomenclatures des produits, ordres de fabrication…). Mais ces systèmes d'information, scientifiquement conçus dans les années 1990, n'autorisent pas des échanges d'une granularité suffisante au regard des nouveaux enjeux de l'industrie.

Une des équipes du laboratoire Roberval conçoit des briques pour améliorer cette granularité et fluidifier les échanges entre métiers. Pour l'instant, ses recherches portent principalement sur la continuité numérique de l'information dans la conception produit-process et entre l'ingénierie et la production. Mais son périmètre d'investigation est appelé à s'élargir. Qu'il s'agisse de développer des outils d'aide à la décision permettant d'optimiser le pilotage du process de production, la maintenance des machines et la qualité des produits fabriqués, ou de produire des pièces métalliques en fabrication additive : toutes les thématiques de l'industrie du futur sur lesquelles travaille l'UTC supposent d'intégrer des flux de données hétérogènes. La continuité numérique est véritablement la clé de voûte de l'industrie plus agile et plus productive de demain. Et, dès 2018, Roberval y dédiera une équipe spécifique. ■

Cybersécurité : projet visant à protéger les systèmes contre les défaillances et les attaques intentionnelles
Article page 18

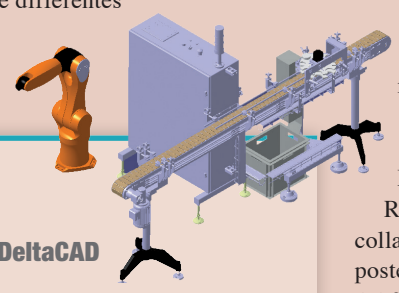
Un LabCom sur la continuité numérique

En 2013, dans le cadre d'un programme de l'Agence nationale de la recherche (ANR), Roberval a créé un Laboratoire commun (LabCom) consacré à la continuité numérique avec DeltaCAD, société de services et d'édition de logiciels spécialisée dans la gestion du cycle de vie des produits, la CAO et la simulation numérique.

Dimexp (Digital Mock-up for Multi-Expertises Integration), le LabCom de Roberval et DeltaCAD, s'est fixé deux champs d'investigation. Premier d'entre eux : la continuité de l'information entre un produit réel et son double virtuel. L'équipe développe un ensemble d'algorithmes destinés à identifier un objet physique, avec à la clé diverses applications possibles.
« Parmi celles-ci, le contrôle des produits sur une ligne de fabrication, explique Alexandre Durupt, chercheur à Roberval et coordinateur scientifique du LabCom. Par exemple, sur une chaîne d'assemblage de moteurs, l'opérateur filmerait chaque moteur avec une tablette : le système compterait automatiquement le nombre de fixations posées et vérifierait en temps réel s'il correspond à la nomenclature figurant dans la maquette numérique du produit. Mais cet outil pourrait aussi faciliter le reverse engineering : aider à reconstituer la maquette numérique d'un produit à durée de vie très longue – par exemple, une machine industrielle ou un moteur trop ancien pour avoir été conçu en CAO et qu'il s'agit de faire évoluer. »

Un jumeau numérique

Avec ce projet, Dimexp innove doublement. D'abord parce que son démonstrateur permet de remonter du réel au virtuel, alors qu'aujourd'hui les flux numériques sont avant tout descendants : on conçoit, on valide et on industrialise les produits virtuellement pour les fabriquer, mais la chaîne numérique s'arrête là. « Nous nous inscrivons dans un des paradigmes de l'industrie du futur, note Alexandre Durupt : le concept de jumeau numérique d'un objet réel, dont il n'existe pas encore de définition normée, mais qui, pour nous, signifie un système intégré de données, de modèles et d'outils permettant de tracer un produit durant tout son cycle de vie et de transformer les données en informations utilisables pour l'aide au diagnostic et la prise de décision agile. »
Ensuite, pour concevoir cet outil, les chercheurs ont notamment développé un réseau de neurones profond : un algorithme auquel ils ont appris à reconnaître différentes pièces de moteurs thermiques et qui a pour spécificité de traiter des données hétérogènes. Il peut reconnaître un objet à partir d'une image 2D, mais aussi – et c'est inédit – de représentations 3D (CAO ou fichier de numérisation de la pièce).



Tracer les échanges entre métiers

Seconde thématique de recherche de Dimexp : la collaboration multidisciplinaire entre acteurs de l'ingénierie. Le LabCom travaille sur une « to do list » collaborative : un outil destiné à gérer des listes d'actions collaboratives à réaliser lors d'un projet d'ingénierie. Objectif ? Faciliter les échanges entre les différents métiers et surtout les tracer afin, là encore, d'améliorer la continuité numérique.
« Aujourd'hui, les systèmes de PLM permettent de suivre l'historique des modifications réalisées dans les documents représentant un produit et son process de fabrication, mais pas de savoir pourquoi elles ont été faites, dans quel cadre ou qui les a demandées, explique Matthieu Bricogne, chercheur à Roberval. L'idée, avec cette "to do list" collaborative, est de pouvoir retracer a posteriori les raisons des choix qui ont été faits et de capitaliser ces informations pour les projets suivants, dans une logique d'amélioration continue. »
Autre avantage : tracer les échanges permet de disposer d'indicateurs objectifs sur la collaboration opérationnelle, ce qui ouvre la voie à un pilotage plus agile des projets. Pour mieux exploiter cette possibilité, on peut bâtir un panel d'indicateurs représentatifs des échanges entre experts métiers au cours d'un projet d'ingénierie, ce qui, grâce aux techniques d'analyse automatique de données, permettra de développer des outils d'aide à la décision pour manager plus efficacement l'ingénierie collaborative. ■

« Dimexp nous permet d'être en avance de phase »

Questions à Harvey Rowson, chef de projet chez DeltaCAD

Pour DeltaCAD, quel est l'intérêt d'un laboratoire commun avec Roberval ?
Les chercheurs de Roberval nous apportent leur expertise scientifique et technologique, leur capacité à réaliser un état de l'art international sur une problématique. Pour nous, c'est une vraie valeur ajoutée. Une manière de mieux anticiper les évolutions du marché, car lorsqu'un nouveau verrou émerge dans la littérature scientifique, il préfigure généralement un besoin industriel. Et, surtout, un moyen de creuser des pistes plus novatrices et pertinentes que celles vers lesquelles nous nous serions intuitivement tournés. Dimexp nous permet d'être en avance de phase sur des sujets émergents au cœur des enjeux de l'industrie du futur.

Comment allez-vous valoriser ces recherches ?
Dimexp a vocation à faire la preuve de concepts, avec des démonstrateurs de laboratoire dont le TRL (le niveau de maturité par rapport à la mise sur le marché) demeure relativement bas. Pour les porter à un niveau de TRL plus élevé, développer de vrais démonstrateurs industriels, l'objectif est de nouer des partenariats avec des industriels intéressés par ces concepts.

Usiner la bonne pièce du premier coup

Optimiser la chaîne numérique d'industrialisation d'une pièce à usiner pour mieux capitaliser les données, les expertises métiers, et gagner en efficacité. C'est l'enjeu des travaux menés par Roberval dans le cadre de deux projets multipartenaires successifs et soutenus par un fonds unique interministériel (FUI) : Angel et Lucid.

Si chaque maillon de la chaîne d'industrialisation d'une pièce à usiner fait appel à des logiciels spécifiques et donc à des modèles de données différents, il existe des formats standard d'échange de l'un à l'autre. Le fichier de CAO est exploité par un logiciel de FAO permettant de modéliser les trajectoires des outils coupants sur la représentation 3D de la pièce. Et le fichier de FAO est exporté via un autre standard dans un post-processeur servant à générer un programme en code ISO exécutable sur la machine-outil à commande numérique.
Néanmoins, cette chaîne reste complexe et surtout, la continuité numérique est unidirectionnelle – de la CAO vers la machine-outil. Si, en production, il faut ajuster certains paramètres d'usinage directement sur la machine, l'information ne remonte pas automatiquement vers les programmeurs FAO : les experts métiers qui, à partir de la CAO, élaborent la stratégie d'usinage d'une pièce (choix des outils, définition de leurs trajectoires…) et le programme de la machine-outil. La connaissance issue de la fabrication n'est donc pas forcément capitalisée pour être réutilisée lors de projets ultérieurs et faciliter l'obtention d'une pièce bonne du premier coup.

Une continuité bidirectionnelle

Ces problématiques ont fait l'objet d'un premier projet FUI, achevé en 2014 : Angel (atelier numérique cognitif interopérable et agile)*.
Pour fluidifier la chaîne numérique, Roberval a travaillé à la consolidation du standard d'échanges de données, STEP-NC, afin de faciliter sa transposition industrielle, précise Julien Le Duigou. Avantage : ce standard est utilisable à chaque interface de la chaîne et supprime même une étape, celle du post-processeur. Dans le futur le fichier de FAO pourrait ainsi être directement interprétable par la machine d'usinage. Mais, en outre, STEP-NC permet un retour d'informations du programme exécuté par la machine vers la FAO. La continuité numérique est donc bidirectionnelle.

Des aides à la décision

Prochaine étape ? Créer un outil d'assistance à l'élaboration de programmes d'usinage : un système capable d'analyser la géométrie d'un modèle de CAO et, à partir des pièces comparables déjà usinées par un industriel, de proposer automatiquement les meilleures stratégies d'usinage pour fabriquer la nouvelle pièce. C'est l'objectif d'un nouveau projet FUI, lancé en octobre 2016 : Lucid (laboratoire d'usinage par caractérisation intelligente des données)**. « Pour développer cet outil d'aide à la décision, nous devons reconstituer et capitaliser les stratégies d'usinage mises en œuvre pour chaque type de pièces usinées, explique Alexandre Durupt. C'est un des principaux verrous du projet, car cela suppose d'analyser des données d'ingénierie très hétérogènes (les codes ISO d'exécution machine, les fichiers de FAO, de CAO…) pour identifier des patterns (des modèles) constituant les noyaux d'une stratégie d'usinage. » Un exercice d'autant plus complexe qu'il peut y avoir différentes manières de faire pour une même forme à usiner.■

* : Angel associait l'UTC, l'ENS Paris-Saclay, Safran, Airbus, UF1, Spring Technologies, CADLM, Datakit.
** : Lucid associe l'UTC, l'ENS Paris-Saclay, l'ESILV, Safran, UF1, Ventana Taverny et Spring Technologies.

Une continuité numérique dans le temps

Questions à Philippe Audinet, responsable développement & support - filière FAO chez le constructeur de moteurs d'avions Safran Aircraft Engines, partenaire des projets Angel et Lucid.

Quel est pour vous le principal acquis d'Angel ?
La consolidation du standard STEP-NC. C'est d'autant plus important dans un secteur comme l'aéronautique car nos produits ont une durée de vie de trente, quarante, voire cinquante ans. Autrement dit, plus longue que celle des outils informatiques utilisés pour les industrialiser, des machines d'usinage, mais aussi plus longue que la carrière des programmeurs FAO. Ceci nous impose d'avoir des modèles de données stables et standardisés dans le temps. Avec un standard unique pour toute la chaîne, les liens entre les différents maillons seront plus pérennes.

Quels sont les enjeux de Lucid pour Safran Aircraft Engines ?
Dans le processus d'industrialisation des pièces d'un moteur d'avion, la valeur ajoutée humaine est capitale. Les programmeurs doivent intégrer énormément de paramètres pour parvenir à usiner correctement les pièces et réussir la transition entre la pièce numérique et la pièce physique. Une transition délicate, parce que nous travaillons sur des matériaux complexes à usiner, comme le titane, qui entraînent des problématiques de vibrations, de température, de flexion d'outils, de pièces… De ce fait, il y a toujours des différences entre la théorie et ce que fait réellement une machine, et il faut plusieurs allers-retours entre la FAO et la fabrication avant de produire la bonne pièce. D'où l'intérêt d'exploiter le capital acquis, l'historique de nos programmes d'usinage, pour guider les programmeurs. Là aussi, il s'agit de continuité numérique de l'information dans le temps. Ainsi, capitaliser notre savoir est un moyen d'aider les jeunes programmeurs à se l'approprier.

Le data analytics au service de *l'excellence industrielle*

L'UTC dispose d'un atout précieux pour mener des recherches sur les applications industrielles de l'analyse automatique de données : sa pluridisciplinarité. Parmi ses projets : concevoir des outils d'aide à la décision pour optimiser le pilotage du process de fabrication et de la qualité des produits.

Les lignes de production sont et seront de plus en plus instrumentées de capteurs enregistrant quantités de paramètres sur le process et les produits fabriqués. Avec l'Internet des objets, les produits eux-mêmes transmettront de plus en plus de données – sur leurs usages, leur niveau d'usure, etc. Grâce à l'augmentation des capacités de stockage et de traitement de l'information, les industriels espèrent tirer de ces données des connaissances nouvelles et des plus-values significatives : améliorer la conception des produits en exploitant les informations recueillies sur leur comportement en conditions réelles d'utilisation, réduire le nombre de rebuts en production… C'est l'enjeu de l'analyse automatique de données, thématique sur laquelle l'UTC réunit des compétences complémentaires.

Faire parler les données

Heudiasyc, son laboratoire en sciences de l'information et de la communication, dispose d'une forte expertise sur les techniques de data analytics, qui mêlent méthodes statistiques, machine learning (algorithmes d'apprentissage automatique) et intelligence artificielle. « Ces techniques visent à mettre en évidence des régularités dans un jeu de données – dans un premier temps, dans un but purement descriptif, explique Sébastien Destercke, chercheur à Heudiasyc : par exemple, pour tenter d'expliquer la cause d'un défaut de fabrication sur des produits en analysant a posteriori les variables qui évoluent lorsqu'il survient. Ces régularités peuvent confirmer des corrélations entre paramètres que les experts métiers de l'entreprise avaient déjà pressenties ou bien révéler des liens qu'ils n'avaient pas détectés, particulièrement quand un défaut résulte de la combinaison de nombreuses variables d'entrée. A partir de là, il s'agit ensuite de bâtir des modèles prédictifs : sous l'hypothèse que le passé ressemble au futur, ce qui est probable dans un process de fabrication relativement stable, alors le modèle prédira la sortie plausible d'une entrée observée. L'idée étant notamment d'utiliser ces algorithmes prédictifs en cours de production pour anticiper en temps réel un risque de défaut sur le produit. Enfin, ces modèles peuvent aussi être prescriptifs : suggérer des actions pour corriger un défaut ou pour améliorer un produit. Dans certains cas, on peut même imaginer aller plus loin : automatiser la mise en œuvre de la décision, comme on cherche à le faire pour le véhicule autonome. Mais remplacer l'expertise humaine dans l'industrie de pointe reste extrêmement difficile, même avec les méthodes les plus récentes, et l'objectif est le plus souvent de fournir des aides à la décision aux opérateurs pour les assister dans les tâches complexes. »

Ces modèles peuvent aussi être prescriptifs : suggérer des actions pour corriger un défaut ou pour améliorer un produit.

Une méthode inédite de pilotage de la qualité

De son côté, le laboratoire Roberval, qui conjugue des expertises en maîtrise des procédés et mathématiques appliquées, développe d'ores et déjà de tels outils pour optimiser le pilotage du process de fabrication et la maîtrise de la qualité des produits. Il a par exemple conçu une méthode inédite combinant techniques de SPC (Statistic Process Control ou, en français, maîtrise statistique des procédés) multivarié (intégrant plusieurs variables) et de diagnostic du process. « La SPC sert à détecter des dérives dans les caractéristiques critiques pour la conformité des produits, afin de prévenir les productions défectueuses, explique Nassim Boudaoud, chercheur à Roberval. C'est une méthode très utilisée dans l'industrie, mais, généralement, dans sa forme la plus simple, c'est-à-dire pour suivre les différentes caractéristiques du

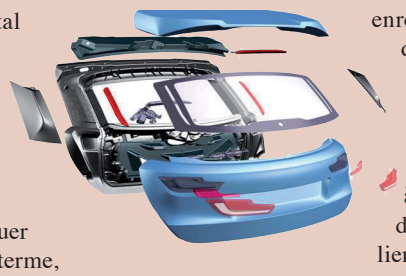
produit indépendamment les unes des autres. Or il existe souvent des corrélations entre elles. Par exemple, sur l'ensemble des points de contrôle des tolérances d'assemblage d'une porte de voiture, une caractéristique peut se révéler défectueuse sans pour autant nuire à la qualité globale de l'assemblage, car il y a des compensations géométriques. » Reste qu'à la main, il n'est guère possible d'établir des règles de décision fondées sur le suivi simultané de plusieurs caractéristiques. Grâce au data analytics, les outils sur lesquels travaille le laboratoire le permettent. Mais, en outre, et c'est la véritable innovation, ils croisent données sur le produit et sur le process. « Cette approche hybride vise à mieux détecter une dérive et pronostiquer son évolution, souligne Nassim Boudaoud. Concrètement, grâce à l'analyse d'historiques de données, nous faisons le lien entre les caractéristiques du produit et les états du process, ce qui permet de dire si, à l'instant T, le fonctionnement du process est parfaitement normal ou pas. Et, s'il ne l'est pas, de prévoir sa trajectoire d'évolution pour anticiper un état futur qui va générer des produits défectueux. » Désormais, l'objectif de l'UTC est de pousser plus loin ces travaux en éprouvant les outils déjà développés sur les données réelles d'industriels et en démontrant leur capacité à améliorer la performance opérationnelle.■

Plastic Omnium :

du simple reporting à la prévision des dérives

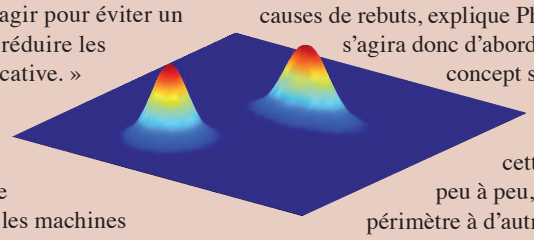
Plastic Omnium va engager des recherches sur l'analyse automatique de données avec les laboratoires Roberval et Heudiasyc. Objectif : franchir un nouveau cap dans la maîtrise de ses procédés.

Premier fournisseur mondial de systèmes à carburant en plastique (réservoirs, pompes…) et de systèmes de dépollution pour les véhicules particuliers, la division Auto Inergy de Plastic Omnium compte 35 usines dans 19 pays, dont une à Venette, dans l'Oise, où se situe aussi son centre de R&D mondial. Deux sites proches de l'UTC, avec laquelle l'industriel vient de nouer un partenariat autour de l'analyse automatique des données de production. « Pour nous, c'est l'enjeu clé de l'industrie du futur, observe Philippe Convain, directeur Digital Manufacturing de la division. Aujourd'hui, nous sommes parvenus à un plateau de performance dans la maîtrise de nos procédés. En exploitant mieux nos données, nous devrions le franchir : diminuer nos coûts de fabrication, voire, à terme, gagner en flexibilité, en capacité à changer rapidement de production. »



Moins de rebuts et de stress

Dans ses usines, Auto Inergy collecte d'ores et déjà des masses considérables d'informations. Des données sur le process de fabrication : lors du soufflage d'un réservoir, par exemple, quelque 5 000 paramètres (températures, pressions, etc.) sont enregistrés… à multiplier par les 20 millions de réservoirs fabriqués chaque année par le groupe ! Mais aussi des données sur les produits fabriqués (diamètre, longueur, étanchéité…) et le contexte de la production (température dans l'atelier, etc.). « Cette traçabilité sur la production est très utile pour expliquer a posteriori les raisons d'une dérive dans la qualité des produits, note Philippe Convain. Mais l'analyse automatique de données devrait nous permettre d'aller beaucoup plus loin, et d'abord d'enrichir nos connaissances sur le process. Aujourd'hui, par exemple, nous contrôlons les épaisseurs des réservoirs fabriqués. Sans outils de data analytics, il est exclu de croiser ces mesures avec les 5 000 données enregistrées lors du soufflage de la pièce pour en déduire des lois sur les liens entre paramètres du process et caractéristiques du produit. Si nous parvenons à passer ce cap, nous découvrirons sans doute des liens insoupçonnés ; ou que nous pressentions, mais dont nous pourrons quantifier l'impact exact. Et, surtout, nous pourrons passer du simple reporting à la prévision des dérives : sur un procédé qui dure une minute, même s'il faut deux ou trois secondes de calcul pour anticiper un problème, nous aurons le temps de réagir pour éviter un rebut. Nous devrions donc réduire les rebuts de façon très significative. » Autre enjeu : faciliter la tâche des opérateurs de production. Sur les procédés complexes comme le soufflage des réservoirs, les machines peuvent émettre des centaines d'alarmes différentes qu'il faut savoir interpréter pour prendre les bonnes décisions. Une compétence qui demande des années d'expérience. « S'ils disposent d'outils capables de les guider sur les actions correctives à mettre en œuvre en cas de dérive, les opérateurs devraient acquérir ce savoir plus facilement, juge Philippe Convain. De plus, le pilotage du process sera moins stressant, ce qui leur permettra de se focaliser davantage sur l'amélioration de la productivité des procédés. »



Un appui multidisciplinaire

Pour mieux accompagner Plastic Omnium face à ces défis, l'UTC couplera les expertises de Roberval et d'Heudiasyc. Nassim Boudaoud, le chercheur qui pilotera le projet côté Roberval, a réalisé un doctorat en contrôle des systèmes à Heudiasyc et apportera à l'industriel sa double culture en maîtrise des procédés et en analyse de données. Heudiasyc viendra en appui sur les problématiques de diagnostic et le développement des modèles prédictifs et prescriptifs.
Dans un premier temps, cette collaboration avec Plastic Omnium va se concrétiser par le recrutement d'un doctorant, qui rejoindra le plateau projet mis en place par l'industriel dans son usine de Venette. « Nos procédés sont complexes et il peut exister des centaines de causes de rebuts, explique Philippe Convain. Il s'agira donc d'abord de faire la preuve du concept sur quelques défauts en expérimentant un démonstrateur dans cette usine. Ensuite, peu à peu, nous étendrons le périmètre à d'autres défauts. Et nous testerons ces techniques prédictives dans d'autres sites pilotes, avant de les déployer dans toutes nos usines. » ■

Cap sur une maintenance toujours plus prédictive

Le futur de l'industrie, c'est aussi le développement de la maintenance prédictive des lignes de production. Le laboratoire Roberval travaille sur une méthodologie innovante pour mieux détecter les signaux avant-coureurs des risques de défaillances des machines.

Aujourd'hui, pour éviter autant que possible les défaillances de leur outil industriel et les coûteux arrêts de production non planifiés, les entreprises pratiquent une maintenance préventive, qui peut être systématique, à des moments prédéfinis, ou conditionnelle. Dans ce dernier cas, les actions de maintenance sont généralement déclenchées en fonction d'indicateurs tels que le dépassement d'un seuil d'usure.

Mais pour mieux anticiper les risques de défaillance et limiter les opérations de maintenance au juste nécessaire, l'idéal est de collecter en continu des données sur l'état du système à maintenir afin d'établir une projection de son évolution dans le futur. C'est le principe de la maintenance prédictive : prévoir à quelle échéance une défaillance peut survenir.

Faire le lien entre produit, process et maintenance

Plus complexe à mettre en œuvre, cette démarche proactive demeure rare dans l'industrie. Mais la multiplication des données récoltées sur les lignes de production et les techniques d'analyse automatique des données devraient lui donner un coup d'accélérateur. Fort de ce constat, le laboratoire Roberval a engagé des recherches sur une méthodologie originale ouvrant la voie à des prévisions encore plus fines et fiables. « Aujourd'hui, dans les usines, la politique de maintenance des machines est déconnectée du pilotage du process et de la qualité du produit, explique Zohra Cherfi, chercheuse à Roberval. Or la maintenance de la ligne de production détermine la qualité du process et donc, en partie, celle du produit. Nous n'en sommes encore qu'au début, mais notre objectif est d'identifier les signaux qui, dans le comportement du process et la qualité du produit, peuvent alerter sur les risques de défaillance des machines. Autrement dit, de capter l'information sur le produit et le process et d'en faire un outil décisionnel pour optimiser la politique de maintenance. » « C'est une approche nouvelle, souligne Amélie Ponchet-Durupt, également chercheuse à Roberval. La problématique du lien entre process, produit et maintenance est certes très présente dans la littérature scientifique, mais avant tout dans un contexte de maintenance systématique, et non pour établir des règles de décision exploitant ces trois paramètres afin de prendre la bonne décision de maintenance au bon moment, et de façon relativement automatique. » Roberval va engager deux projets de recherche avec des industriels sur cette thématique novatrice. ■

> Faire le lien entre produit, process et maintenance : plus complexe à mettre en œuvre, cette démarche proactive demeure rare dans l'industrie

Saint-Gobain : une maintenance optimisée,

des procédés plus robustes

L'UTC va accompagner Saint-Gobain Sekurit dans la mise en place d'outils de maintenance prédictive exploitant l'analyse automatique des données sur la qualité des produits et l'état de fonctionnement des process.

L'UTC et Saint-Gobain viennent de signer un accord de partenariat comprenant plusieurs volets, dont l'un sur l'industrie du futur. Dans ce domaine, il s'agit notamment d'engager des recherches sur la maintenance prédictive avec Saint-Gobain Sekurit, acteur majeur du vitrage automobile. « Nous comptons une trentaine d'usines dans le monde, qui travaillent pour un marché très exigeant et compétitif, souligne Jean-Luc Lesage, directeur des opérations de Saint-Gobain Sekurit et directeur général de sa branche Europe. Cela signifie qu'il est essentiel de bien maîtriser nos procédés : la qualité de nos produits, la fiabilité de nos livraisons, mais aussi les taux de pannes et les coûts de maintenance de nos machines. »

Passer à la vitesse supérieure

A cette fin, l'industriel recourt depuis longtemps à la maintenance préventive. Il a également mis en place des méthodes de maintenance prédictive, pour l'instant limitées à quelques équipements sans incidence directe sur le cœur de son procédé de fabrication des vitrages, tels les transformateurs. Son objectif : passer à la vitesse supérieure en exploitant les données remontant de ses usines grâce aux outils de connectique peu à peu déployés sur ses lignes de fabrication. « Le data analytics va nous permettre de chercher des corrélations très fines et à ce jour inconnues entre les résultats des contrôles de qualité effectués sur nos vitrages, les paramètres de process (températures, pressions, etc.) et les données d'intervention sur les machines, explique Jean-Luc Lesage. En croisant toutes ces informations, nous espérons gagner sur la fréquence et l'importance des opérations de maintenance, mais pas seulement. Les connaissances issues de l'analyse de données devraient aussi nous permettre d'améliorer la conception et donc la robustesse de nos procédés. »

L'excellence des deux côtés du Rhin

Depuis deux ans, l'industriel a déjà réalisé quelques études et pilotes sur la maintenance prédictive de certains équipements avec un de ses partenaires académiques historiques : l'Université de technique de Rhénanie-Westphalie (RWTH), à Aix-la-Chapelle (Allemagne). La collaboration avec l'UTC portera sur d'autres process. « Ce qui nous intéresse, c'est l'expertise de l'UTC en maîtrise des procédés et en analyse de données, mais aussi sa signature, note Jean-Luc Lesage. Une université française ne traite pas les problèmes de la même façon qu'une université allemande. Travailler avec des partenaires qui ont des cultures, des visions et des expériences différentes permet d'élargir notre spectre de compétences et d'avancer plus efficacement. » En outre, tout comme la RWTH outre-Rhin, l'UTC se situe à proximité d'une usine Saint-Gobain Sekurit et d'un site de R&D de Saint-Gobain, le Centre de recherche et de développement de Chantereine (CRDC). « Les chercheurs de l'UTC vont coopérer avec les équipes du CRDC, en se nourrissant de l'expérience de l'usine de Chantereine et de ses données sur les pannes de ses machines, poursuit Jean-Luc Lesage. C'est tout l'intérêt de ce triptyque, qui, nous l'espérons, débouchera sur des avancées concrètes pour nos usines. » « Le cœur de la technologie Saint-Gobain Sekurit étant franco-allemand, il s'agit d'aller chercher l'excellence des deux côtés du Rhin, résume Sylvie Perez, directrice du CRDC. Et pour nous, CRDC, il est particulièrement intéressant de pouvoir travailler avec l'UTC dans ses domaines d'excellence. » ■

Alfi Technologies :

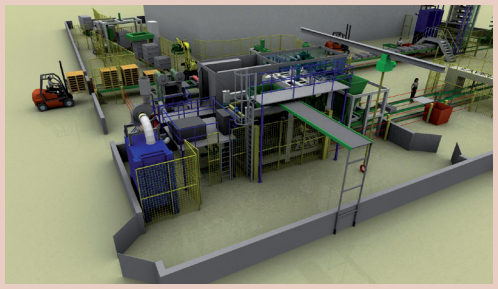
« Plus de valeur ajoutée pour nos clients »

Pour doter les machines industrielles qu'il commercialise d'algorithmes de maintenance prédictive, le groupe Alfi Technologies a fait appel à l'expertise du laboratoire Roberval.

Alfi Technologies réalise des lignes de production de matériaux de construction et des systèmes automatisés de logistique pour les sites industriels. « Pour exister sur ce marché et maintenir nos activités d'ingénierie et de fabrication en France, nous devons absolument être réactifs et innovants, souligne Yann Jaubert, son président : apporter au plus vite des réponses aux besoins spécifiques de chaque client, avec des solutions cousues main qui optimisent sa performance industrielle. La révolution numérique nous en offre l'opportunité : pour nous, l'industrie du futur, c'est dès aujourd'hui. » D'ores et déjà, les ingénieurs du groupe conçoivent ainsi toutes leurs installations en 3D, simulent leur fonctionnement à l'écran et peuvent même chausser un casque de réalité virtuelle pour s'immerger dans le clone numérique des futures lignes de production…

Trois défis

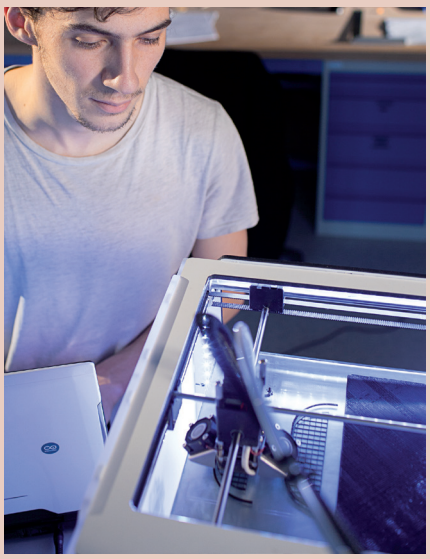
A présent, Alfi Technologies souhaite franchir une nouvelle étape : intégrer davantage d'intelligence dans ses machines. « Notre objectif est en particulier de les équiper d'algorithmes de maintenance prédictive pour apporter plus de valeur ajoutée à nos clients, explique Yann Jaubert. La difficulté de ce projet est triple : trier les données à recueillir sur les lignes de production, en extraire des modèles permettant d'identifier les signes avant-coureurs d'un problème en fonction du comportement des machines ou des caractéristiques du produit, et restituer ces informations sous une forme graphique, aisément accessible aux opérateurs de maintenance. Pour y parvenir dans les meilleurs délais, nous avons choisi de nous appuyer le laboratoire Roberval. L'UTC se situe à proximité de certains de nos sites, nous avons déjà collaboré avec elle sur plusieurs projets et elle possède des compétences en maintenance et en analyse de données, mais aussi en électronique et en traitement du signal. Elle peut donc également nous aider si nous devons développer des capteurs n'existant pas sur



le marché pour collecter certaines données. De plus, ce partenariat sera une nouvelle occasion de montrer aux étudiants de l'UTC qu'une PMI comme Alfi Technologies peut leur offrir des opportunités de carrières passionnantes ! » Pour Yann Jaubert, l'enjeu de l'analyse de données ne s'arrête toutefois pas à la maintenance prédictive : « Aujourd'hui, une fois nos équipements installés dans une usine, nous n'avons pas de visibilité sur leur comportement en production, ni sur les améliorations que nous pourrions leur apporter. L'idée serait donc de remonter les données collectées sur les lignes de production des industriels jusqu'à Alfi Technologies, ce qui est désormais possible à un coût bien moindre qu'avant grâce aux réseaux dédiés à l'Internet des objets. De cette manière, nous pourrions plus facilement aider nos clients à faire évoluer leur outil industriel en fonction des problèmes rencontrés, de leurs nouveaux besoins et des innovations disponibles. » ■

Fabrication additive : *tout un savoir à réinventer*

C'est une rupture technologique et un nouveau champ de recherche pour l'UTC. Initialement destinée au prototypage et désormais utilisée pour la production de pièces finales en polymères, la fabrication additive intéresse à présent les industriels pour la réalisation de produits finis en alliages métalliques. À condition de lever plusieurs verrous.



Réaliser une pièce directement à partir d'un modèle numérique 3D, par ajouts successifs de couches de matière. C'est le principe de la fabrication additive, qui, à terme, pourrait révolutionner la production de pièces en alliages métalliques. Pour l'instant, la faible productivité des machines exclut certes la très grande série. De même, en raison du prix élevé des machines et de la matière première aujourd'hui privilégiée, les poudres métalliques, ce procédé n'a pas forcément d'intérêt pour les pièces simples. En revanche, il apparaît très prometteur pour fabriquer des produits en petite série, particulièrement s'ils sont complexes, ou pour réaliser des pièces de rechange à la demande, ce qui évite d'avoir à les stocker. En effet, avec cette technique, le coût de production d'une pièce est beaucoup moins lié à sa complexité et aux quantités produites qu'en usinage ou en fonderie. En outre, une machine de fabrication additive permet de réaliser des formes plus diverses qu'une machine d'enlèvement de matière et des pièces plus complexes que la fonderie.

Reste que cette technologie de rupture remet totalement en cause les savoir-faire acquis avec les procédés classiques. Principal verrou : la maîtrise des caractéristiques du produit (géométries, tolérances, tenue à la fatigue, à la corrosion…). Elle dépend notamment de la qualité des poudres métalliques, elle-même complexe à maîtriser et souvent variable d'une livraison à l'autre, mais aussi des aspects thermiques du process de fabrication : chaque couche de poudre déposée est chauffée avec un laser quasiment jusqu'à fondre puis elle refroidit, ce qui génère des contraintes mécaniques pouvant par exemple déformer les parties fines des pièces.

Des défauts difficiles à anticiper

« Le problème, c'est qu'on ignore encore très largement les liens entre les caractéristiques de la matière première, les paramètres du procédé et la qualité du produit final, souligne Jérôme Favergeon, directeur du laboratoire Roberval. Il n'est donc pas possible d'anticiper les défauts susceptibles de survenir sur une pièce : on ne les voit que lorsqu'elle est fabriquée. C'est une lacune critique quand il s'agit de produire de la très petite série, car s'il faut réaliser des études préliminaires de plusieurs mois en procédant par essais et erreurs à chaque nouveau produit à lancer, la fabrication additive n'est plus vraiment compétitive. » Aujourd'hui, l'UTC est en pourparlers avec des industriels pour engager des recherches sur ce verrou, face auquel sa multidisciplinarité constitue un atout. Roberval est spécialisé en mécanique et matériaux et le laboratoire TIMR (Transformations intégrées de la matière renouvelable) dispose d'une solide expertise du comportement des poudres et de leurs applications industrielles. « Pour l'instant, nous n'avons pas mené de recherches spécifiques sur la fabrication additive, explique Khashayar Saleh, spécialiste du sujet à TIMR. Mais, par analogie avec d'autres applications et de par nos connaissances en génie des procédés, nous avons identifié les difficultés susceptibles de se poser : notamment des problèmes de coulabilité des poudres, de collage non désiré des particules entre elles lorsque le faisceau laser balaie la couche de poudre, ce qui peut empêcher d'avoir des bordures nettes sur une pièce, ou encore de dispersion irrégulière des particules lors du dépôt des couches de poudre. Et nous avons de premières pistes d'action. » Enfin, de son côté, le laboratoire Heudiasyc maîtrise les techniques de data analytics (lire page 10), qui peuvent aider à mieux prévoir la qualité des pièces.

Un projet sur l'optimisation topologique

Le champ d'investigation de l'UTC ne se limite toutefois pas à cette problématique. La fabrication additive ouvre aussi de nouveaux horizons à l'optimisation topologique (l'optimisation de la géométrie des pièces et de la répartition de la matière par rapport aux propriétés mécaniques attendues). « Parce qu'elle autorise des formes plus complexes, elle peut par exemple permettre d'utiliser moins de matière et d'alléger une pièce sans dégrader les caractéristiques de tenue de structure, note Alain Rassineux, chercheur au laboratoire Roberval. Mais encore faut-il adapter nos outils d'optimisation topologique aux possibilités et aux limites de ce nouveau procédé. » Roberval a débuté des travaux sur ce sujet dans le cadre d'un projet de recherche sur la fabrication additive financé par l'agence nationale de recherche chinoise, qui associe également la Northwestern Polytechnical University de Xi'an (en Chine) et l'Université libre de Bruxelles. ■

Regard sur l'industrie 4.0

Pionnière, l'Allemagne a présenté sa vision de l'industrie du futur dès 2011, à la foire Hanovre : Industrie 4.0, ou la quatrième révolution industrielle, celle du numérique. Entretien avec Dorothée Kohler et Jean-Daniel Weisz, du cabinet de conseil en stratégie Kohler C&C, qui ont publié un ouvrage de fond sur le sujet : Industrie 4.0 - Les défis de la transformation numérique du modèle industriel allemand.

Comment résumer la vision Industrie 4.0 et comment a-t-elle émergé ?

Dorothée Kohler : Elle est née de la prise de conscience que le modèle industriel allemand, largement fondé sur le leadership dans la production de machines-outils et sur l'innovation incrémentale, était menacé par la concurrence asiatique, mais aussi par l'innovation de rupture, avec l'arrivée de l'Internet dans l'industrie. Et de la crainte que les géants de l'Internet monopolisent peu à peu l'accès aux données d'usage des clients et captent une part croissante de la marge au sein de la chaîne de création de valeur des industriels. Industrie 4.0 vise à contrer ces risques en se saisissant des opportunités offertes par le numérique : il s'agit de réussir le mariage entre les industries mécaniques et les technologies de l'information et de la communication pour produire des biens personnalisés aux mêmes coûts que ceux de la production de masse et développer l'Internet des services, c'est-à-dire proposer des services connectés autour des machines.

Dans votre livre, vous insistez sur la dimension collective d'Industrie 4.0 : en quoi est-ce déterminant ?

Jean-Daniel Weisz : Ce qui nous a frappés outre-Rhin, c'est que le sujet n'est pas tant la technologie que l' « agir collectif », la mobilisation de l'intelligence collective. Cette spécificité vient entre autres du profil très déconcentré des entreprises mécaniques, électriques et électrotechniques allemandes, avec très peu de sociétés de plus de mille salariés et des entreprises entre lesquelles les relations client-fournisseur sont très fortes. Pour l'État fédéral et les Länder, la question était : comment les mettre en marche collectivement pour faire face à une innovation de rupture ? Le gouvernement y a notamment répondu en lançant des appels à projets collectifs. Des consortiums se sont créés, avec, par exemple, à leur tête, une grande entreprise ou une grosse ETI (entreprise de taille intermédiaire), et derrière, des PME de la mécanique, des intégrateurs, des entreprises des technologies de l'information et de la communication, mais aussi des instituts de recherche. L'État joue vraiment un rôle de maître d'ouvrage : il crée les conditions permettant aux acteurs de prendre collectivement en main leur destin. Cette démarche est très pertinente, car c'est la capacité à créer de nouvelles interactions entre acteurs et à développer des compétences complémentaires qui procurera un avantage concurrentiel aux PME et ETI.

> « Le sujet n'est pas tant la technologie que l'"agir collectif", la mobilisation de l'intelligence collective. »

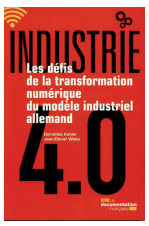
La situation est-elle très différente en France ?

D. K. : L'État allemand a pris la mesure qu'il fallait faire de la transformation en profondeur du modèle industriel du pays un projet de société impliquant toutes les parties prenantes, y compris les syndicats. En Allemagne, le terme « Industrie 4.0 » est d'ailleurs passé dans le langage courant. En France, ce sujet est peu abordé par les politiques et son approche reste fragmentée, alors qu'elle doit être systémique. Ce que change le numérique, c'est avant tout la chaîne de valeur des entreprises industrielles, en supprimant certaines fonctions, en permettant de placer le client au centre du processus grâce à l'exploitation des données d'usage des produits, en modifiant les relations avec les fournisseurs… C'est aussi l'organisation du travail, avec l'émergence de nouveaux métiers… Il s'agit d'un sujet à l'interface des sphères politique, économique, syndicale, de l'enseignement et de la recherche. Et d'une opportunité porteuse de grandes richesses, qui pourraient réenchanter la nouvelle économie. Les universités ont un rôle essentiel à jouer pour que la société française s'en empare.

Vous soulignez justement la forte implication de la recherche dans Industrie 4.0, notamment celle des instituts de recherche appliquée comme les Fraunhofer…

J.-D. W. : Effectivement, il est intéressant de noter que dès 2006, au début de la réflexion qui a conduit à Industrie 4.0, le ministère fédéral de la formation et de la recherche a été à la manœuvre sur ce sujet industriel. De plus, la force de l'Allemagne, c'est son réseau très dense d'universités de technologie et de centres de recherche, en particulier d'instituts Fraunhofer, qui irrigue tous les Länder et s'est très vite investi sur la thématique Industrie 4.0. Ceci d'autant plus pour les instituts Fraunhofer, que souvent leurs présidents sont aussi des industriels. Mais les sciences sociales – sociologie, histoire des techniques… – se sont également saisies du sujet. Avec d'autant plus d'intérêt qu'elles ont pour la première fois l'opportunité d'observer une révolution industrielle en direct ! ■

LE SAVIEZ-VOUS ?



Industrie 4.0 - Les défis de la transformation numérique du modèle industriel allemand, Dorothée Kohler, Jean-Daniel Weisz, La Documentation française, Paris, 2016.

SUMMER SCHOOL

La science dans l'assiette

L'université d'été de l'UTC dédiée à la science « culinaire » propose à des étudiants du monde entier de découvrir les principes de chimie à l'oeuvre dans notre gastronomie et de revisiter les grands classiques français à l'aide des dernières technologies agroalimentaires. La troisième édition s'est tenue du 17 au 28 juillet au centre d'innovation Daniel Thomas.

Pendant ces 15 jours intensifs, les participants apprennent des techniques issues de la recherche pour proposer une cuisine plus diététique et mieux adaptée à des régimes spécifiques. Enseignante-chercheuse responsable de la filière innovations, aliments et agroressources du diplôme UTC génie biologique, Claire Rossi a lancé cette formation il y a maintenant deux ans : « L'objectif est d'apporter les bases nécessaires à la compréhension scientifique des préparations culinaires et d'appliquer directement ces connaissances en mettant les mains à la pâte ». Chaque jour, des ateliers mettent en pratique les cours théoriques du matin. Après avoir passé en revue le fonctionnement sensoriel du goût et le rôle des différents types d'ingrédients d'un point de vue chimique, des moments d'expérimentation sont proposés. L'utilisation de produits de substitution pour remplacer les sucres, les graisses ou le gluten est l'un des points forts de ce programme. On applique ces procédés à des recettes puisées dans la tradition pour les remettre au goût du jour et les adapter aux dernières tendances. Les démonstrations et conseils d'un restaurateur permettent de concilier respect des règles de l'art et technologie. Après avoir confectionné un gâteau au chocolat sans sucre ni beurre ou une mayonnaise avec deux fois moins d'huile lors des sessions précédentes, un vacherin vegan sans produit animal a notamment été élaboré. Comme dans les éditions passées, des sorties seront proposées pendant les week-ends pour s'imprégner un peu plus du patrimoine culinaire et culturel de notre pays. La visite-dégustation d'une cave de champagne est par exemple au menu.

Des étudiants d'horizons variés

Depuis sa création, la formule a rencontré un succès certain auprès d'étudiants venus d'horizons variés. Les motivations et les niveaux de départ sont multiples. « En 2015 et 2016, nous avions beaucoup d'asiatiques attirés par le prestige de la gastronomie et de la culture française et des étudiants venus de disciplines éloignées de l'agroalimentaire » explique l'organisatrice. La réputation de l'industrie agroalimentaire française, premier investisseur en recherche-développement de notre pays et l'une des premières au monde, est aussi désormais un atout. De plus en plus d'inscrits possèdent déjà des compétences pointues et cherchent à parfaire leurs connaissances. La qualité de la pédagogie et la dimension concrète et conviviale du rendez-vous font l'unanimité. « J'ai trouvé la synthèse sur les différentes sortes d'amidon et la manière de remplacer les uns par les autres très claire, depuis je cuisine les même plats mais différemment ! » témoigne Mathan Goldstein, doctorant israelien en biologie venu en 2016 par intérêt personnel. Pour Charlotte Verschaeren, étudiante de Belgique en nutrition et diététique inscrite pour compléter ses savoirs, les découvertes ont aussi été nombreuses : « La déclinaison du célèbre moelleux au chocolat en une version sans graisse grâce à l'utilisation d'algues a été une révélation, la saveur est identique, je pense que cet ingrédient a un grand avenir aussi bien chez les industriels que pour un usage domestique ». Année après année, cette université d'été « Culinary science for tastier and healthier food » recueille une audience toujours plus large. Pour le millésime 2017, treize participants de quatre pays sont attendus. Cette année, des salariés venant du monde de l'entreprise se joindront pour la première fois aussi à l'aventure. ■

FORMATION

Acquérir des compétences économiques et managériales

Compléter ses compétences en ingénierie avec un diplôme d'une grande école de commerce, c'est ce que propose le Business Foundations Certificate de l'INSEAD. Ce cursus court de 6 mois a été conçu pour apporter des bases en management, finance, gestion et marketing à des diplômés venus d'autres disciplines. Cette formation a été conçue dans le cadre de la communauté d''universités et d'établissements Sorbonne Universités dont l'université de technologie de Compiègne est membre fondateur.

Diplômée en génie des procédés, Chloé Azaïs a décroché son Business Foundations Certificate en février 2016. Pendant 6 mois, la jeune diplômée a réussi à mener de front vie professionnelle et études.

Comment avez-vous été amenée à vous inscrire dans ce cursus ?

Après mon diplôme d'ingénieur à l'UTC, je recherchais un master dans une école de commerce pour apporter un plus à mon CV. Le diplôme de l'INSEAD m'a séduit car il permettait de concilier vie professionnelle et études. Les douze heures de cours sont réparties entre le vendredi après-midi et le samedi. Si l'on souhaite se consacrer uniquement à ce cursus, la

courte durée de cette formation permet de ne pas se couper du monde du travail trop longtemps. L'existence d'une bourse a également été un critère important. Grâce à cette aide attribuée au mérite, mon coût d'inscription a été réduit de 15 000 à 3 000 euros.

Quels sont les critères pour pouvoir participer ?
La sélection se fait sur dossier mais les résultats scolaires ne sont pas l'essentiel. On juge surtout vos qualités personnelles et votre motivation à découvrir de nouvelles matières. Vous devez passer des entretiens en anglais. Tous les cours sont donnés dans cette langue.

Quelles ont été les matières dans lesquelles vous avez le plus appris ?
Lors de mon cursus à l'UTC, j'avais déjà suivi plusieurs enseignements en marketing, étude du comportement et management. En revanche, ce qui concernait la finance et la gestion était entièrement nouveau pour moi. Les cours intensifs du Business Foundations Certificate m'ont permis de progresser très vite dans ces domaines. La petite taille de chaque promotion – une vingtaine d'élèves – permet beaucoup d'échanges et de participation.

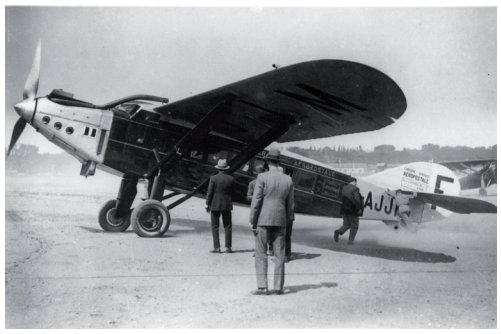
Comment se déroule la formation ?
Des modules d'un mois et demi à deux mois permettent de découvrir à chaque fois un nouveau sujet. Il y a peu de tests ou d'examens, en revanche beaucoup de travail personnel est demandé. En dehors des heures de cours, les lectures et projets prennent un temps important pendant la semaine. Quand l'on s'engage dans ce Business Foundations Certificate, il faut pouvoir s'y consacrer à fond.

Que vous a apporté ce diplôme dans votre carrière ?
A l'issue de ce diplôme, j'avais décidé de changer d'emploi. Le Business Foundations Certificate m'a permis d'intégrer un Graduate programm au sein d'un groupe américain. Ce contrat de deux ans alterne tâches d'ingénierie et sessions de formation sur divers sujets dont la finance, la supply chain, le management et les ressources humaines. Ce dispositif me permet de continuer à développer les connaissances acquises à l'INSEAD. Cette montée en compétence continue me permet de progresser rapidement dans ma carrière. Deux ans à peine après l'obtention de mon diplôme UTC, je viens ainsi de me voir proposer un poste de gestion d'un atelier de production comportant une équipe de 18 personnes. » ■

ATELIER PROJET

Les utcéens préparent les 100 ans du transport aérien

A l'UTC, des étudiants s'investissent chaque semestre depuis deux ans dans un projet original : reconstruire un avion français conçu en 1929, le Latécoère 28, dont il n'existe plus aucun appareil aujourd'hui.



En 2018, à Paris, le Grand Palais accueillera une exposition commémorant les 100 ans du transport aérien. L'association compiégnoise du Cercle des Machines Volantes s'est associé à cet événement en décidant de reconstruire un Latécoère 28, avion français emblématique des débuts de l'aviation civile. Pour mener à bien ce projet, Frédérick Collinot, président de l'association, a fait appel à l'UTC pour participer à des travaux d'ingénierie aéronautique. Ce n'est pas la première collaboration entre l'UTC et le CMV, des étudiants ayant déjà travaillé depuis 4 ans sur le projet de reconstruction d'un autre avion, le Caudron C430 (le projet avançait bien, mais il a été mis entre parenthèses en 2016, pour concentrer tous les efforts sur la reconstruction du Latécoère, plus urgente).

Mais un tel projet demande une organisation rigoureuse, c'est pourquoi chaque semestre, quatre à cinq étudiants participent à une UV de gestion de projet. "Nous faisons le lien entre Jean-Marc Picard, initiateur du projet à l'UTC, et les étudiants des UVs de réalisation de projet que nous sommes chargés de recruter, explique Warren Pasini, étudiant à l'UTC. Nous nous chargeons également de la communication et du mécénat."

Chaque UV projet répond à une problématique précise concernant la reconstruction du Latécoère. "Il y a notamment des UVs de simulation numérique pour étudier le profil de l'avion, de modélisation du moteur, une autre pour la fabrication des nervures en bois, et ce semestre nous avions aussi un groupe qui étudiait les propriétés de l'entoilage" explique Warren. Mais, pour envisager de reconstruire l'appareil, il a d'abord fallu faire une énorme recherche, notamment de plans, à la fondation Latécoère et chez les descendants de ce dernier. "Les étudiants sont partis de ces plans pour les travaux de modélisations, grâce auxquels nous avons établi des devis pour les pièces qui ne peuvent être construites directement dans les ateliers du CMV." L'objectif de l'association est d'avoir toutes les pièces au début de l'année 2018, pour commencer l'assemblage de l'appareil dont la structure doit être terminée pour l'exposition au Grand Palais. Les moteurs et tous les équipements fonctionnels seront mis en place après, avec en point de mire de retracer le premier parcours aéropostal entre l'Europe et l'Amérique du sud.

Ce projet atypique attire en tout cas étudiants et enseignants-chercheurs en nombre. "Ceux qui rejoignent le projet ne sont pas forcément passionnés par l'aéronautique au départ, mais ils le deviennent par la suite ! Plusieurs étudiants pensent d'ailleurs se spécialiser dans ce domaine, et un enseignant a même passé son brevet de pilote !" s'exclame Warren. Ce projet apporte énormément aux étudiants en leur permettant d'appliquer directement les compétences théoriques apprises en cours sur un cas concret. Il exige aussi de leur part une grande autonomie, de l'organisation, le respect des délais et une bonne répartition des tâches. "C'est aussi un projet qui demande un gros investissement personnel, les étudiants doivent y consacrer en moyenne une soixantaine d'heures au cours du semestre. C'est aussi très responsabilisant, car, l'avion devant pouvoir voler, ils n'ont pas le droit à l'erreur," complète Warren.

Rendez-vous l'année prochaine au Grand Palais ! ■

C'est la fin de la première guerre mondiale, l'aviation militaire cède la place à l'aviation civile, et le service postal aérien connaît un essor fulgurant. Pour transporter courrier et passagers sur des distances toujours plus grandes, les constructeurs conçoivent alors régulièrement de nouveaux modèles. C'est le cas du Latécoère 28, conçu en 1929, et qui peut accueillir à son bord jusqu'à huit passagers en plus du courrier. En 1930, Jean Mermoz réussit avec une version équipée de flotteurs la première traversée sans escale de l'Atlantique Sud en 21 heures entre le Sénégal et le Brésil, ouvrant la voie à de nombreuses lignes aéropostales vers le continent sur américain.

L'AGENDA

interactions.utc.fr • www.utc.fr

35e journées techniques de l'association des agents de maintenance biomédicale
10-13 octobre 2017
Du 10 au 13 octobre au pôle événementiel Le Tigre (Compiègne) et le 13 octobre à l'UTC, se tiendront les 35e journées techniques de l'association des agents de maintenance biomédicale, sous le haut patronage du ministère des affaires sociales et de la santé. Au programme de ces journées : ventilation artificielle en néonatalogie, nouveaux traitements thérapeutiques en réanimation, télémédecine, traitement en dialyse, objets biomédicaux connectés...
www.aamb.asso.fr

Fête de la Science
12-15 octobre 2017
Comme chaque année au mois d'octobre, l'UTC ouvrira ses portes au public pour la Fête de la Science 2016. Du jeudi 12 au dimanche 15 octobre, les thématiques mises à l'honneur seront : le tourisme, 2017 en étant l'année internationale, le voyage, thème régional, les évolutions technologiques à travers la première guerre mondiale et l'actualité technologique de l'UTC et de l'ESCOM. Exemples d'ateliers : conduite d'un TGV, révélation d'un monde virtuel par l'interaction gestuelle, mini-drônes...
www.utc.fr/fetedelascience

23e édition du forum Comutec
Jeudi 19 octobre 2017
Ce forum, qui réunit chaque année plus de 100 entreprises et près de 4000 étudiants, permet aux étudiant ingénieurs de découvrir de nombreuses entreprises qui recrutent. Il se tiendra comme l'année précédente au Pôle Événementiel de Margny-lès-Compiègne, le Tigre.
https://comutec.org • http://webtv.utc.fr

Électricité et mobilité, 25 ans de recherche au LEC
Mardi 7 novembre 2017
Pour célébrer ses 25 ans, le laboratoire d'électromécanique de Compiègne (LEC), organise une journée de rencontre. AU programme : une rétrospective des 25 années de recherches du laboratoire dans le domaine du "vecteur électricité", plusieurs conférences et une table ronde qui aura pour objectif de se projeter sur les dix prochaines années en termes de problématiques scientifiques et technologiques concernant les véhicules électriques.
Inscriptions : https://candidature.utc.fr/colloque/eem

Cérémonie de remise des diplômes
Samedi 9 décembre 2017
La cérémonie de remise des diplômes aura lieu le samedi 9 décembre à l'espace Jean Legendre. Cette année, la promotion sera parrainée par Pierre-André de Chalendar, PDG du groupe Saint-Gobain.
Suivez les coulisses de la remise des diplômes sur notre compte Instagram : www.instagram.com/utcompiegne

SPORT ÉLITE

De l'UTC à l'Atlantique

Entouré d'une famille de passionnés, Tom Laperche, étudiant en ingénierie mécanique, a le virus de la voile depuis l'adolescence. En intégrant la filière Sport élite de l'UTC, ce navigateur déjà chevronné a pu trouver le juste équilibre entre sa scolarité et ses ambitions sportives.

©Jean-Marie Liot

Accompagné et conseillé par Arnaud Vannicate le responsable de la filière, il peut se consacrer pleinement à sa passion. Quand on étudie à Compiègne, difficile de s'entraîner en mer pendant la semaine. En ne limitant pas le nombre de semestres pour terminer le cursus UTC, ce dispositif lui permet d'adapter son rythme pour concilier compétition de haut-niveau et cours. Plusieurs jours par mois, il peut ainsi rejoindre sa Bretagne natale pour pratiquer sa discipline. Il ne regrette pas ce choix qui en plus de sécuriser son avenir professionnel lui apporte des compétences supplémentaires dans sa discipline. « Suivre des études d'ingénieur était logique pour moi, la voile est un sport de plus en plus technique, comprendre scientifiquement le comportement des structures et des matériaux est un réel atout en compétition en plus des sensations ». Il insiste sur le fait que les bolides des océans sont de plus en plus des concentrés de technologie. Avec l'utilisation généralisée des « foils » (ailerons profilés permettant aux bateaux de survoler l'eau), maîtriser les notions de portance, pression et vitesse est devenu fondamental. L'exemple du skipper François Gabart lui-même diplômé en génie mécanique n'est aussi pas étranger à cette orientation de plus en plus répandue parmi les coureurs des océans. Plus tard, il se verrait bien ingénieur navigant dans un des bureaux d'études qui conçoivent ces Formules 1 des mers. Depuis mai, Tom est en passe de réaliser l'un de ses rêves d'enfance. Il a été sélectionné pour la célèbre Transat Jacques Vabre entre la France et le Brésil. « C'est super d'être dans la même course que des grands noms de la voile » se plaît-il à souligner. Pour relever le défi, le jeune Breton de 19 ans devra utiliser ses qualités de marin mais aussi ses compétences techniques. Son monocoque de 12 m dans la catégorie des Class 40 est sur le point d'être terminé. « A partir de juillet je vais en superviser l'aménagement intérieur et tenter d'alléger au maximum les équipements, après il y aura la mise au point et les réglages jusqu'au départ en novembre ». Souhaitons-lui bon vent ainsi qu'à son coéquipier ! ■

plus d'infos ▶ **https://webtv.utc.fr/watch_video.php?v=K0685UBSHG9D**

USINE DU FUTUR

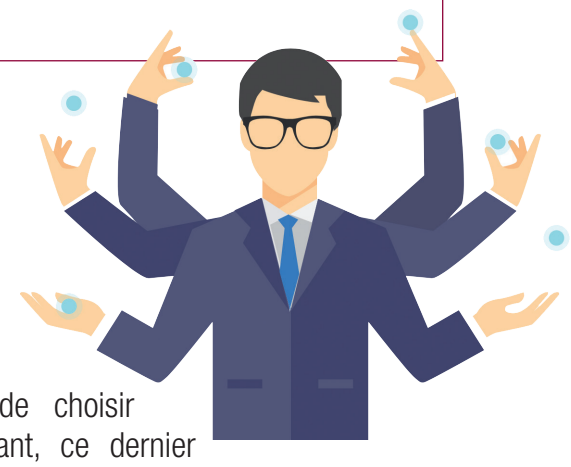
Sûreté de fonctionnement, cybersécurité : deux défis de l'usine du futur

La sûreté de fonctionnement vise à protéger les systèmes contre les défaillances, la sécurité à les parer contre les attaques intentionnelles. Heudiasyc pilote un projet sur l'usine du futur couplant ces deux aspects.

Les systèmes de contrôle et d'acquisition de données (Scada, en anglais) permettent de superviser des installations industrielles à distance. Dans les usines du futur, ils seront de plus en plus ouverts sur Internet, et notamment couplés avec des réseaux de capteurs sans fil collectant des données de production traitées en temps réel par des applications stockées dans le cloud.
La protection de ces systèmes de plus en plus complexes contre les défaillances de fonctionnement et les cyberattaques demeure un défi. En partenariat avec le Centre de recherche en automatique de Nancy (Cran) et le Laboratoire lorrain de recherche en informatique et ses applications (Loria), Heudiasyc a lancé un projet sur ce sujet : sécurité et sûreté de fonctionnement dans l'usine du futur (Surf). Son originalité ? Conjuguer protection contre les défaillances et les attaques, deux sujets généralement traités de manière indépendante lors de la conception des systèmes, ce qui peut entraîner des surcoûts ou des failles : des mesures de sûreté de fonctionnement peuvent par exemple être redondantes avec des mesures de sécurité ou amoindrir la sécurité.
Surf vise à développer une méthodologie permettant de modéliser et d'analyser conjointement la sécurité et la sûreté de fonctionnement des systèmes industriels et à la valider sur une plate-forme multisite expérimentale. Objectif : parvenir à identifier les comportements suspects et à en prévoir l'impact pour déclencher des mesures de correction préventives. ■

START-UP

La startup qui conseille les directions marketing



Aujourd'hui, pour une entreprise, il peut être difficile et chronophage de choisir parmi les quelques 5000 technologies de marketing numérique. Et pourtant, ce dernier est indispensable aujourd'hui dans toute stratégie web. Compellia, qui travaille dans le domaine de l'analyse de données numériques, se fait fort d'aider les directions marketing des sites de e-commerce ou de grands groupes à trouver le service qui leur convient le mieux.

A contrario de nombreux étudiants de l'UTC, qui commencent à fonder leur startup avant même d'avoir quitté l'école, Olivier Delcroix, diplômé en génie informatique en 2008, a opté pour un parcours différent. « J'ai toujours eu envie de créer une start-up, et c'est ce qui m'a poussé vers l'informatique quand j'ai choisi ma branche, explique Olivier. Mais avant de me lancer, je voulais avoir une expérience professionnelle, pour acquérir plus de compétences et pouvoir mieux appréhender les opportunités business. J'ai donc commencé par travailler chez Bull durant deux ans, avant de rejoindre Bonitasoft, une toute jeune startup créée par deux anciens de Bull. Je l'ai quitté il y a un an et demi, pour fonder ma propre startup, Compellia, en 2015, avec Benjamin Cernes, et Dialekti Valsamou. »

Compellia répond à une demande forte des directions marketing, pour lesquelles il est essentiel de faire de la veille technologique, dans un domaine ultra concurrentiel et où les technologies sont constamment en évolution. La publicité sur internet et l'envoi de mails ciblés sont en effet devenus indispensables à toute stratégie marketing, mais il est difficile de s'y retrouver parmi toutes les solutions proposées. « Nous proposons aux directions marketing de l'information stratégique, complète Olivier. Pour cela, nous utilisons des robots crawler, qui "aspirent" le texte des sites, leur structure, les technologies employées... Nous scannons environ 100 000 sites tous les jours, et nous détectons plus de 2000 technologies différentes. »

Cette technologie innovante a d'ailleurs permis à Compellia de recevoir en avril 2016 une bourse French Tech, afin qu'elle puisse poursuivre le développement de son robot crawler. « Grâce à notre plate-forme, poursuit Olivier, nous arrivons à détecter quelles sont les technologies utilisées par les entreprises similaires à celles de nos clients. Ensuite, nous mettons ces derniers en relation avec des utilisateurs de ces technologies acceptant de partager leur expérience, notamment via les réseaux sociaux professionnels. Cela permet à nos clients d'avoir un avis complètement objectif sur les différents fournisseurs. »

Pour le moment, Compellia se concentre sur le marché Français et Européen. Mais son objectif pour l'année 2018, est, selon Olivier, de « poursuivre le développement de notre robot afin d'être capable de détecter encore plus de technologies différentes, et de conforter notre position sur le marché européen ». ■

plus d'infos ▶ **http://webtv.utc.fr**
www.compellia.com

Des conducteurs connectés pour mieux gérer des flottes de bus

Pysae

Pouvoir consulter en temps réel les horaires de son bus sur son téléphone ou à l'arrêt, voilà qui semble aujourd'hui presque indispensable. Problème, les équipements existants sont lourds et chers, ne permettant pas aux petites compagnies exploitantes de s'équiper. C'est alors que Grégoire Piffault et son associé ont eu une idée simple mais géniale : équiper les chauffeurs de bus de smartphones munis d'une application permettant de les localiser. Tout simplement.

C'est alors qu'ils travaillaient tous les deux pour Systra, une grande entreprise de transport en commun, que Grégoire Piffault, diplômé en génie des systèmes urbains en 2008, et Nicolas Jaulin, s'aperçoivent que les systèmes existant nécessitent entre autre l'installation de matériel lourd dans les bus.

« Ce qui fait qu'aujourd'hui, les trois quarts des compagnies n'ont pas de système de suivi, analyse Grégoire. Nous nous sommes alors dit que les nouvelles technologies permettaient d'offrir les même fonctionnalités, tout en étant beaucoup plus simples et économiques. »

Les deux associés décident donc de créer leur startup, Pysae, en 2014. Son principe est simple: « nous importons les horaires, l'emplacement des arrêts, etc. dans notre système, car nous disposons de nos propres serveurs pour héberger toutes les données, détaille Grégoire... Ensuite, les conducteurs sont équipés d'un smartphone muni de notre application, ce qui nous permet de localiser chaque bus en temps réel ». Ces informations sont basculées sur l'application à destination des voyageurs, où sont regroupés tous les réseaux équipés par Pysae. « Mais, comme nous leur fournissons toutes les données, nos clients peuvent développer leur propre application, faire des analyses de trafic ou installer des bornes informatives aux arrêts », complète le jeune entrepreneur.

La startup a récemment développé un système permettant de valider des badges, par exemple pour les réseaux scolaires, avec des appareils là encore plus légers que les validateurs actuels, et reliés au téléphone du conducteur. Ces coûts de fonctionnement réduits permettent à de petits exploitants (communes, départements, transports scolaires, pays en voie de développement...) de s'équiper.

« En fait, nous vendons à l'exploitant un abonnement dépendant du nombre de véhicules connectés et des prestations complémentaires fournies » précise Grégoire. La ville de Dole et le département Loire Atlantique utilisent déjà Pysae, et un contrat a été signé avec EDF pour une navette circulant au sein d'une centrale nucléaire.

Actuellement, les deux associés viennent de lever des fonds pour se développer en Europe et à l'international, « et nous venons également d'accueillir un gros actionnaire, qui a pris une participation minoritaire dans l'entreprise, Vinci Énergie » conclut Grégoire. ■

plus d'infos ▶ **http://webtv.utc.fr**
https://pysae.com

Apprendre en continu

Diplômé de l'UTC en 1987 filière actionneurs, robotisation & systèmes, Ali Ordoobadi est actuellement Président de Valeo Japon et Chairman de la société japonaise Ichikoh, filiale de Valeo et acteur de premier plan des systèmes d'éclairage pour voitures. Ce manager expert de l'industrie automobile a su conjuguer un sens aigu de l'adaptation culturelle avec une connaissance approfondie des stratégies industrielles mondialisées.

Plutôt scientifique que littéraire, Ali Ordoobadi se passionne très tôt pour la mécanique. Dès l'adolescence, il démonte des moteurs pour en comprendre le fonctionnement. Né en Iran et attiré par l'étranger, il apprend rapidement l'anglais et le français. L'arrivée à l'UTC est un choix qui s'impose rapidement : « Compiègne offrait un enseignement pragmatique ouvert sur l'international unique à l'époque » se souvient-il. L'établissement du nord de Paris est aussi l'un des seuls à proposer une filière robotique appliquée directement à l'industrie : « C'était alors un domaine novateur avec des professeurs très impliqués ». En plus d'y développer ses compétences en ingénierie, l'étudiant choisit de suivre des cours d'allemand. Ce choix va lui ouvrir des horizons insoupçonnés. Sa connaissance de la langue de Goethe lui permet en effet d'intégrer Siemens juste après la fin de ses études. « Cette entreprise symbolisait pour moi ce qui se faisait de mieux en matière de technologie et de qualité » raconte t-il.

Repousser les frontières

Après cette première expérience chez Siemens en Allemagne, il est approché par Valeo. Développant son activité outre-Rhin, l'équipementier automobile français le recrute pour gérer ses projets avec les constructeurs automobiles allemands. C'est le début d'une carrière de presque trente ans au service du groupe hexagonal. En ce début des années 90, l'industriel est l'un des premiers à envisager une production hors des frontières nationales. Le jeune ingénieur profite à plein de cet esprit de conquête pour s'ouvrir de nouveaux horizons d'abord en Europe, puis au Brésil et en Asie. Après l'Allemagne, son parcours se poursuit en Grande-Bretagne. Toyota, Nissan et Honda commencent à y implanter des usines pour offrir des produits plus compétitifs en Europe, Valeo noue des liens avec ces nouveaux acteurs. Ses trajets réguliers entre l'Angleterre et le Japon lui offrent l'opportunité d'apprendre une nouvelle langue et de découvrir un pays fascinant.

Après une brève expérience avec le Brésil, le goût de nouveaux défis le tenaille toujours. Quand on lui propose de diriger une usine en Chine, il accepte sans hésiter. « Je ne connaissais rien à ce pays, j'ai dû apprendre les bases de la langue et des manières de travailler très différentes de mes habitudes » souligne t-il, avouant volontiers que ce poste n'a pas été de tout repos. Les problèmes de qualité des fournisseurs et les retards de paiement des clients étaient récurrents. Dans cet environnement, il réussit à stabiliser l'opération, améliorer les résultats financiers et obtenir de nouvelles commandes. Le manager n'en garde pas moins un souvenir admiratif de la capacité d'adaptation des Chinois. Cette étape a été une invitation à l'humilité. « Trouver le bon mode de communication est souvent aussi important que définir des solutions techniques » insiste t-il en conseillant à ceux souhaitant partir en Chine d'apprendre quelques bases linguistiques avant le départ. Après avoir été responsable des activités de Valeo en Chine entre 1999 et 2007, il retrouve l'archipel nippon dont il avait fait la connaissance 20 ans plus tôt. La culture du travail y très différente de la Chine : « Avec les Japonais, la ponctualité et le respect des délais sont indispensables mais le respect des process et le temps laissé à la réflexion freinent parfois l'innovation et la réactivité » note t-il avec réalisme. A la tête d'Ichikoh depuis 2010 après ses responsabilités de Vice-président de Valeo Japon, il a su faire renouer une vieille entreprise familiale sur le déclin avec le profit et la croissance. Cette nouvelle réussite ne l'empêche pas d'insister sur la nécessité de toujours se remettre en question dans un monde en perpétuelle évolution. Après la prise de contrôle d'Ichikoh par Valeo début 2017, il réintègre sa société d'origine en tant que Président de Valeo Japon, tout en restant le Chairman de Ichikoh. ■

BIO EXPRESS

1992 PhD systems control
2006 INSEAD
2007 Vice President Valeo Japon
2010-2017 Chairman & CEO at Ichikoh Industries
2017 President at Valeo Japan

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, 9, 12, 14, 16
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
Région Hauts-de-France

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