



Spécial matériaux composites

Avril 2024

UN | **Business**
| **Magazine**

*Le magazine
Business
de Nantes
Université
à destination
des entreprises*

Sommaire

p. 1
Édito : Frédéric Jacquemin,
« Les composites sont des
démonstrateurs de compétences et
des ambassadeurs du territoire »

p. 2—5
• Interview : Christophe Binetruy,
« Nantes dispose d'une force
de frappe inégalée à l'échelle
d'un seul territoire »
• La fibre de lin frappe
à la porte de l'industrie

p. 6—10
• « Plongez dans les projets
industriels emblématiques
de l'IRT Jules Verne ! »
• Portrait : Nihad Siddig, Ingénieur
de recherche à l'IRT Jules Verne

p. 11—13
Au LTeN, les chercheur-es sont
aux petits soins pour la santé
de la matière

p. 14—16
Chez Daher, les composites
sont rois

p. 17
Le projet Costo met du carbone
recyclé dans les batteries

p. 18—19
Interview : Francky Trichet,
« Avec " Nantes, terre de réemploi ",
nous avons un coup d'avance »

p. 20—21
• Composite Meeting
• TerraCool, la ville prend
le frais

p. 22—23
CARTO : de l'éprouvette à
la structure, les acteurs de Nantes
Université vous accompagnent

p. 24—27
• RMeS répare les tissus humains
• HTL, champion de l'acide
hyaluronique
• Un genou en 3D pour les futurs
chirurgien-nes orthopédiques
• Ré-emploi carbone :
du prototype vers le marché

p. 28—31
La Jules Verne Manufacturing
Academy, une « usine-école »
pour rendre l'industrie désirable

p. 32—33
• Les composites à l'honneur dans
une quinzaine de formations
• Nantes Université, grande
habituée du podium
du concours étudiant SAMPE

p. 34—36
Pour aller plus loin : contacts et
personnes ressources

En savoir plus
sur le PUI* Nantes Université



Scannez-moi !



Un événement scientifique majeur,
organisé par Nantes Université et
pour la première fois après 25 ans
de retour en France !

Édito

Frédéric Jacquemin, vice-président
Innovation et partenariats, I-Site



« Les composites sont
des démonstrateurs
de compétences et
des ambassadeurs
du territoire »

Lorsqu'on cherche à identifier les sujets incarnés par l'I-Site NEXT (Nantes Excellence Trajectory), les matériaux composites fournissent un exemple parfait, car ils couvrent une chaîne de valeurs qui associe de nombreux acteurs de Nantes Université à des partenaires industriels de premier plan. Par exemple, dans le cadre de notre projet Ouverture, Airbus et Daher apporteront un gisement de carbone dans une logique de ré-emploi qui permettra de mettre en place un des collectifs d'innovation autour de ce sujet. Le Pôle Universitaire d'Innovation Nantes Université (PUI)* contribuera également à accompagner cette dynamique. Les matériaux composites constituent un enjeu majeur pour le territoire.

Ici, les laboratoires de recherche et les industriels travaillent à la fois sur la mise en forme et sur les comportements à l'usage de ces matériaux. Cette démarche adresse directement des enjeux de développement durable, avec la recherche autour des composites recyclables, bio-sourcés. C'est également un bon moyen de démontrer tout ce que réalise Nantes Université pour aider à lever les verrous technologiques des industriels. Nous agissons ici comme un levier. Et à chaque fois, ce sont des collectifs qui sont à la manœuvre, avec un réel soutien de la part

des industriels, dans le cadre de projets partenariaux, comme l'illustrent les nombreux exemples et témoignages de ce dossier.

Les composites sont à la fois des démonstrateurs de compétences et des ambassadeurs du territoire. En effet, avec ces matériaux, on peut travailler à l'échelle de l'éprouvette en laboratoire, jusqu'à la fabrication de pièces complexes indispensables à la réalisation d'avions, de fusées, de bateaux, d'éoliennes, de batteries... Les composites permettent de passer à l'échelle et démontrent la contribution du monde académique aux grands enjeux industriels.

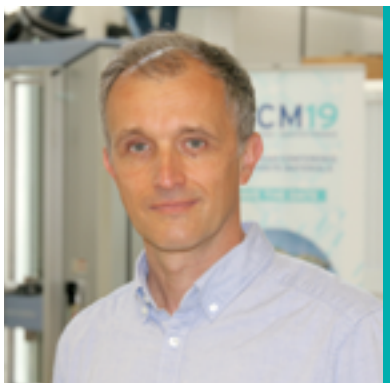
C'est dans ce contexte très porteur que se déroule le 21^e congrès européen des matériaux composites (ECCM21), à la Cité des Congrès de Nantes, du 2 au 5 juillet 2024. Il va réunir des chercheur-es d'une quarantaine de nationalités, mais aussi des industriels et c'est la première fois depuis 25 ans que cet événement scientifique majeur se déroule en France. C'est évidemment une fierté pour Nantes Université et notre territoire.

INTERVIEW >

Christophe Binetruy, vice-président de Nantes Université délégué à l'entrepreneuriat, professeur à Centrale Nantes et chercheur au laboratoire du GEM (Institut de Recherche en Génie Civil et Mécanique)

« Nantes dispose d'une force de frappe inégalée à l'échelle d'un seul territoire »

Pas toujours simple de se repérer dans l'univers des composites ! Christophe Binetruy est un vulgarisateur hors-pair. Il explique avec des mots simples les enjeux industriels et territoriaux de ce matériau du futur. Entretien.



Christophe Binetruy, vice-président de Nantes Université délégué Entrepreneuriat

1 Comment se situe la recherche nantaise en matière de composites ?

Christophe Binetruy • Nantes est clairement identifiée sur la carte internationale des composites. Si on cherche un modèle équivalent, on n'en trouve qu'un seul, au Royaume-Uni, à l'université de Bristol avec le National Composites Center (NCC) : les Britanniques sont d'ailleurs venus s'inspirer à Nantes pour ce modèle ! Les Allemands ont également encouragé ce modèle avec leurs universités technologiques, à Hambourg et en Bavière. Ici à Nantes, nous sommes dans l'un des trois lieux européens des composites. Notre particularité, par rapport à Toulouse, c'est que la fabrication est ancrée à Nantes. À Toulouse, il y a des concepteurs, mais pas d'industrie chimique, par exemple. Ici, sur un territoire très localisé, nous avons tout ce continuum, sauf la grande chimie.

2 Quel rôle jouent les collectivités dans cette structuration ?

CB • Il faut reconnaître que le territoire est très en soutien. Nous ne serions pas arrivés à cela sans l'appui de Nantes Métropole et de la Région Pays de la Loire. Mais aujourd'hui, ce soutien est récompensé puisque Nantes accueille le grand événement mondial des composites, le ECCM21 début juillet 2024 à la Cité Internationale des Congrès.

3 Le terme de composites est large. De quoi s'agit-il et quelle définition en donnez-vous ?

CB • Ce terme de composite est fortement connoté. Spontanément, il évoque systématiquement des fibres de carbone et une matière plastique qui enrobe ces fibres pour en faire des pièces industrielles à forte valeur

ajoutée, dans l'aéronautique, le spatial... Mais c'est plus que cela : le composite permet de réaliser un nouveau matériau obtenu par l'association de phases, d'éléments matériels, non miscibles, c'est-à-dire qu'elles ne vont pas se mélanger. L'art du composite, c'est que le produit final résultant de cet assemblage possède des propriétés fonctionnelles qui vont au-delà des propriétés de chaque phase.

4 De quelles propriétés parlez-vous ?

CB • On parle ici de propriétés d'usages : c'est ce qui va guider le choix de matériaux composites vis-à-vis de solutions concurrentes, notamment face aux pièces métalliques. Le composite est venu concurrencer le métal, même si certains produits naturels, comme le bois, sont des matériaux composites.

On parle aussi de matériaux sur-mesure, non pas sur étagère produits en masse selon une seule composition, mais qu'on va concevoir à façon en fonction des propriétés que l'on souhaite atteindre et des usages qu'on compte en faire.

On parle donc des composites au pluriel, car il existe une infinité de compositions possibles. C'est ce qui en fait tout l'intérêt mais aussi toute la complexité ! C'est pourquoi on parle ici de « matériaux de l'ingénieure », avec une grande exigence.

5 On peut donc parler de « super-matériaux » ?

CB • Je ne retiendrai pas cette expression, car il n'y a pas de hiérarchie entre les matériaux. La bonne formule, c'est le bon matériau pour la bonne fonction ou le bon usage. Le matériau,

composite ou non, ne s'achète pas au kilo, mais à la fonction !

6 Qu'offrent-ils de plus, ces composites ?

CB • Leur propriété vraiment intéressante, c'est leur caractère intégratif. On peut composer avec des ingrédients noyés, enchâssés dans le matériau, pour lui donner une structure « intelligente ». On trouve ainsi plusieurs familles de composites. On peut les classer par exemple en fonction du choix des matériaux utilisés. On va trouver des composites organiques, avec des éléments renforçant liés de matière organique. Il existe également des matrices céramiques ou métalliques. Mais les plus populaires en termes de volumes produits, ce sont les composites à matrice polymère. Et à l'intérieur de cette famille, on distingue les thermoplastiques qui sont fusibles, et les thermodurcissables, qui une fois rigides, ne sont plus modifiables.

7 Comment sont nés ces matériaux ?

CB • L'essor des composites est lié à celui la chimie, avec des activités de niches portées par l'aéronautique, le militaire... C'est une industrie de services qui alimente désormais tous les secteurs industriels. Pour qu'un composite existe, il lui faut des applications !

8 Et d'où vient la spécialisation nantaise en la matière ?

CB • L'intérêt porté aux composites par les laboratoires nantais est le fruit du dialogue avec les industriels pré-

sents sur le territoire. Ce n'est pas une industrie en soi qui s'autoalimente : il faut qu'il y ait une demande. Automatiquement, cela génère des travaux de recherche. Clairement, l'existence de ces grands acteurs sur le territoire a été déterminante. Je retiendrai une date clé : le virage vers le Technocampus Composites en 2008. C'est à ce moment qu'on a pris conscience qu'il fallait rassembler les savoirs. C'est d'ailleurs cette masse critique sur les composites qui m'a fait venir à Nantes, en 2011, alors que j'étais chercheur à Lille puis à Douai. Je me suis dit que c'était là qu'il fallait être !

9 Cette discipline requiert-elle des compétences spécifiques ?

CB • Les composites, du fait de la diversité des composants et des propriétés fonctionnelles attendues, demandent une culture large pour avoir une vision d'ensemble, ce qui requiert effectivement une certaine expérience. C'est tellement vaste ! On fait de la chimie, de la mécanique, de la thermique, des essais, de la technologie... Au départ, on trouve souvent des ingénieurs généralistes qui se spécialisent au fil du temps.

Une bonne illustration de cette transversalité est le laboratoire GeM qui couvre les aspects de modélisation des procédés de fabrication, de durabilité et de comportements quasi-statiques et dynamiques des matériaux et pièces composites. Par exemple, cette compétence a permis la mise en place de plusieurs chaires de recherche partenariale avec les industries aéronautique, automobile et logicielle.

10 Ce fut également le cas à Nantes ?

CB • Oui, on l'a vu avec l'IRT Jules Verne, qui est la conséquence directe de la création du Technocampus : on doit avoir un outil, une expertise, une compétence et des moyens de fabrication... C'est le choix qu'a fait Nantes, au sens d'un IRT. Ici, c'est la fabrication qui est adressée, pas la synthèse des matériaux ni les propriétés.

11 Aujourd'hui, quelle est l'ampleur de la recherche nantaise sur les composites ?

CB • Nous avons récemment dénombré 7 laboratoires de Nantes Université directement impliqués dans l'industrie du composite. 15 enseignantes-chercheuses travaillent à plein temps sur ces questions, avec une production d'une trentaine d'articles scientifiques par an. On peut également citer la soixantaine d'ingénieurs de recherche qui se situent à l'interface du transfert de technologie. Il ne faut pas non plus oublier le Cetim, avec plusieurs dizaines d'ingénieurs. Pour résumer, nous sommes une centaine d'ingénieurs de recherche qui travaillons sur les composites,

c'est une force de frappe inégale à l'échelle d'un seul territoire.

12 D'autant que ces scientifiques bénéficient de formations au sein de Nantes Université...

CB • Effectivement ! On recense 300 étudiantes en licence/bachelor qui touchent aux composites, près de 70 étudiantes formées à Nantes en masters et près d'une cinquantaine doctorantes en thèse formés en continu sur les composites à Nantes. Autre élément déterminant : on ne parle pas que de formation initiale, mais aussi de formation professionnelle continue, avec la Jules Verne Manufacturing Académie (JVMA), à Bouguenais, un outil remarquable. C'est une usine du futur, une usine digitale 4.0 avec des outils de pointe, portée par des industriels. (voir p.28-31)

13 Vous évoquez l'usine du futur. Les composites, ce sont aussi les matériaux du futur ?

CB • Oui, mais à la condition qu'on sache rendre ces solutions plus durables. C'est la nouvelle donne du XXI^{ème} siècle. Avec, au cœur de la dé-

marche, la question de la réutilisation, le fameux « Re-use ». Se pose également la question du biosourcement des matériaux, les éco-matériaux, avec la synthèse de nouveaux polymères à partir de la biomasse, la recherche sur des fibres naturelles.

14 Quel regard portez-vous sur ces travaux essentiels ?

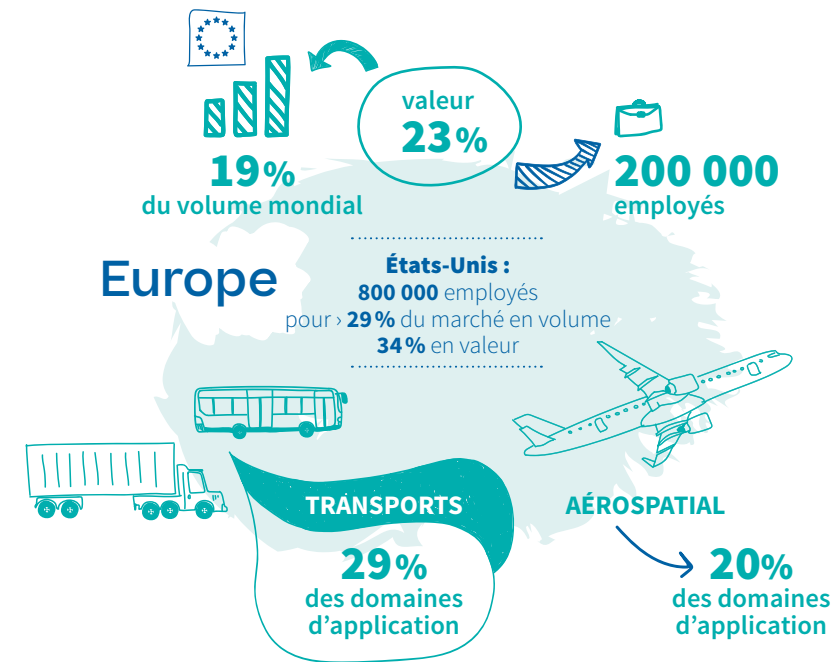
CB • Je suis confiant, car je constate une accélération très nette depuis quelques années. Auparavant, le travail était de qualité mais la demande n'était pas là. Désormais, elle est présente. La particularité, c'est qu'à l'échelle de Nantes, nous avons la capacité de regarder cette question de bout en bout, du gisement du matériau jusqu'à sa création, grâce à des démonstrateurs à l'échelle 1. C'est le cas par exemple avec le projet Zebra, démonstrateur de capabilité sur le recyclage des pales d'éoliennes (lire par ailleurs p.7-8). Le passage à l'échelle est facilité par l'existence de ces grands outils, en lien avec la recherche académique. C'est ce qui nous distingue et nous positionne bien à l'échelle internationale. •

La fibre de lin frappe à la porte de l'industrie

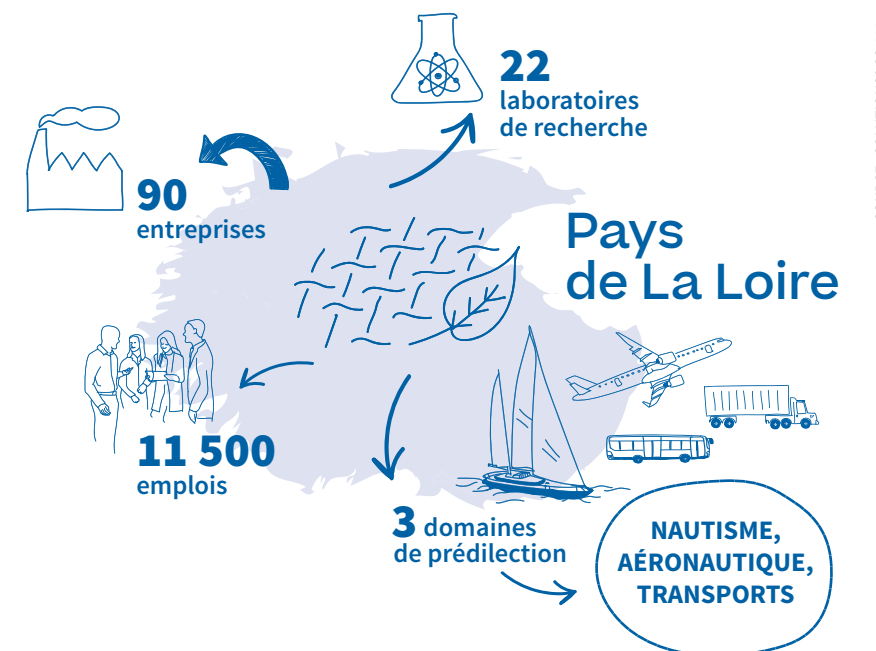
Maël Péron, enseignant-chercheur au GeM (Institut de Recherche en Génie Civil et Mécanique) à Saint-Nazaire, a obtenu en décembre 2022 un financement de 238 k€ de l'Agence Nationale de Recherche pour travailler sur la mise en forme de matériaux composites biosourcés à base de fibres de lin. L'objectif de ce projet officiellement lancé en juin 2023, qui sera mené avec Amandine Célineo et Sylvain Fréour, est de mieux comprendre les phéno-

mènes mis en jeu lors de la fabrication de composites à base de lin afin d'optimiser les performances des pièces produites. Ces matériaux présentent un intérêt pour divers domaines d'application : naval, nautisme, aéronautique entre autres. Ce projet est un premier pas vers le développement d'une expertise dans l'exploitation de la fibre de lin à échelle industrielle. D'autres projets d'envergure sont en cours de réflexion.

Les matériaux composites en Europe et Pays de la Loire



SOURCE : JEC WORLD 2022



SOURCE : SOLUTIONS&CO 2024

Plongez dans les projets industriels emblématiques de l'IRT Jules Verne !

Membre fondateur de Nantes Université, l'IRT Jules Verne est un centre de recherche industriel dédié au manufacturing pour quatre grandes filières industrielles stratégiques majeures : l'aéronautique, l'automobile, l'énergie et le naval. Ses compétences s'articulent autour de cinq expertises : la robotique et cobotique, la modélisation et simulation, la surveillance, inspection et contrôle de procédés, les procédés pour les matériaux métalliques et enfin additifs et enfin procédés pour les matériaux composites.

TEXTES: XAVIER DEBONTRIDE, JOURNALISTE

Yannick Amossé et les composites, c'est une longue histoire ! Et lorsqu'il la raconte, cet ingénieur de 59 ans, qui a passé une trentaine d'années dans l'univers de l'industrie, notamment automobile, est intarissable. « Les composites, c'est le fil rouge de ma carrière ! », résume-t-il en souriant. Responsable, depuis 2019, de l'Équipe de Recherche Technologique sur les procédés matériaux composites au sein de l'IRT Jules Verne, il pilote aujourd'hui une équipe de 23 personnes. « Ce sont des ingénieures, des ingénieur-es-docteur-es qui maîtrisent les procédés de fabrication et des technicien-es très expérimentés qui connaissent parfaitement les technologies des matériaux composites. Nous finançons des thèses qui répondent aux besoins des industriels, au rythme de 6 par an. Nous sélectionnons des briques technologiques. Notre équipe recherche va ensuite transformer les résultats de la science dans des technologies industrielles », résume-t-il.



Yannick Amossé, Responsable de l'Équipe de Recherche Technologique sur les procédés matériaux composites au sein de l'IRT Jules Verne



Une partie de l'Équipe de Recherche Technologique sur les procédés matériaux composites

Réduction de l'impact environnemental

Pour avoir accompagné les innovations du secteur depuis plusieurs décennies – il a découvert les composites à la fin des années 1980, lorsqu'il travaillait chez Citroën, avec le fameux hayon arrière de la BX – Yannick Amossé peut témoigner des évolutions visant à réduire l'impact environnemental de cette technologie pourtant gourmande en carbone. « Cette dimension est systématiquement prise en compte dans nos projets, mais la compétitivité de la solution est évidemment primordiale. Nous répondons avant tout à un marché », reconnaît-il avec pragmatisme. Un exemple ? « Nous travaillons actuellement sur des produits en inox, pour les alléger et évoluer vers un matériau composite. Nous étudions différentes solutions, à partir de fibre de lin, de verre ou de carbone. Le produit réalisé en fibre de lin est trois fois plus cher que celui en carbone. Nous orientons donc le développement sur l'utilisation de la fibre de carbone si possible biosourcée », confie-t-il.

Pour ce dossier, nous lui avons demandé de nous présenter une série d'innovations développées au sein de Nantes Université, illustrant la diversité des composites et de leurs applications. Tour d'horizon de deux projets phares.

Zebra, pour le recyclage des pales d'éoliennes

Comment concevoir une pale d'éolienne 100% recyclable ? C'est l'ambition du programme Zebra, porté par l'IRT Jules Verne depuis 2020, avec le soutien du PIA (programme d'investissements d'avenir). **Objectif :** développer un matériau composite, associant des renforts fibreux et une résine, qui pourra permettre, lors du démantèlement des pales, 20 ou 25 ans après la mise en service des éoliennes, de refabriquer le même produit. « C'est vraiment de l'économie circulaire ! L'idée, c'est de récupérer le produit en fin de vie pour refaire un produit quasiment identique, avec la même performance mécanique », s'enthousiasme Yannick Amossé. Comment intégrer



un nouveau système de résine, comment séparer les renforts pour refaire de la fibre, séparer la résine et la traiter pour revenir à des monomères réutilisables ? Autant de problématiques auxquelles s'attellent les ingénieurs de R&D de l'IRT, comme Nihad Siddig ([lire son portrait page 10](#)).

Pour que cela fonctionne, il faut intégrer l'étape de la déconstruction de la pale, dès sa conception. « Les différents matériaux sont alors traités chimiquement, avec la technologie de notre partenaire industriel Arkema qui a mis au point un système de résines spécifiques, Elium », détaille Yannick Amossé. Charge ensuite à l'IRT Jules Verne de prouver que les matériaux récupérés sont susceptibles d'être réinsérés dans un nouveau cycle de fabrication de pales. Et que le matériau recyclé présente des caractéristiques quasiment identiques au matériau vierge d'origine !

Des tests de tronçonnage et de recyclabilité ont été réalisés en partenariat avec LM Wind Energy, filiale de l'américain General Electric. Achevé en

mars 2024, le projet Zebra devrait aboutir à la possibilité de réaliser des pales avec un nouveau matériau maîtrisé, en termes de fabrication et de mise en œuvre.

Match2 : des pièces d'avions plus légères pour remplacer le titane

Et si les composites détrônaient demain les pièces en titane dont l'aéronautique est très gourmande ? C'est l'enjeu du projet Match2, porté par l'IRT en lien avec le laboratoire LTEN ([voir p.11](#)) : réaliser des pièces composites très performantes pour remplacer des pièces de structures en titane, et bénéficier de l'allègement et des propriétés de ces composites thermoplastiques de forte épaisseur qui peuvent être ajustés à la géométrie des pièces. « L'IRT Jules Verne intervient avec nos équipes d'ingénieurs procédés

pour qualifier des pièces épaisses de 35 mm, composées de 196 plis de composites. L'aéronautique exige des niveaux de porosité inférieurs à 1%, sans aucune bulle d'air », souligne Yannick Amossé.

De quelles pièces de structures s'agit-il ?

« Nous travaillons sur deux pièces représentatives, actuellement en titane : le mat réacteur, qui est la pièce qui accroche le réacteur à l'aile, et l'éclisse d'aile, qui reçoit l'aile sur le fuselage », détaille-t-il.

Pourquoi passer en thermoplastique ?

« Le titane soulève des questions de souveraineté liées à la dépendance d'approvisionnement. De plus, les thermoplastiques nous permettent de tenir des températures élevées, et peuvent être conformés, c'est-à-dire remis en géométrie. L'intérêt pour nous, c'est de gagner du temps sur les étapes d'assemblage. On digitalise les pièces à assembler et on peut chauffer la pièce composite, la conformer pour la remettre à la géométrie

souhaitée, sans usinage pour l'assembler. C'est lié à la propriété du matériau et sa plasticité », énumère le « Monsieur Composites » de l'IRT.

Match2, doté d'un budget de 6 millions d'euros, après une première phase de 5 millions, est encore en phase exploratoire. Est-ce que cette technologie verra le jour ?

« Elle est intégrée dans les feuilles de route des avionneurs. Nous y travaillons pour être prêts lorsque le passage à l'échelle industrielle sera décidé », confie Yannick Amossé. Dans les coulisses, on s'active, avec un maître-mot : sobriété énergétique. Alors que les autoclaves actuellement utilisés dans les process industriels sont très gourmands en énergie, les études se multiplient pour réduire la consommation, dans une logique d'analyse du cycle de vie du produit. ■

« Mon parcours me permet de travailler sur des projets passionnants et essentiels »



Cette jeune ingénieure d'origine soudanaise travaille depuis 2021 sur le projet Zebra de pales d'éoliennes recyclables au sein de l'IRT Jules Verne, après être passée par les bancs de Nantes Université. Son parcours reflète la formidable ouverture permise par la connaissance et la formation.

TEXTES : XAVIER DEBONTRIDE, JOURNALISTE

*Nihad Siddig,
Ingénieure de recherche
à l'IRT Jules Verne*

Nihad Siddig, 35 ans, travaille depuis 2021 à l'IRT Jules Verne, sur le projet Zebra qui vise à démontrer la faisabilité technico-économique et environnementale de pales d'éoliennes recyclables. Née au Soudan, elle a suivi sa scolarité en arabe et en anglais, et jeune fille, elle se rêvait médecin. Elle choisira finalement « un peu par hasard » une formation en génie mécanique qui l'amènera à travailler dans une compagnie pétrolière, avant d'enseigner à l'université de Khartoum. « Au bout de cinq ans, j'ai eu envie de relever de nouveaux défis. J'ai décidé de suivre un Master à l'international, et j'ai spontanément pensé le faire en France », explique Nihad, qui reconnaît qu'il ne s'agit pas là d'une destination fréquente pour les Soudanais, plus naturellement attirés par les pays anglophones. « Je rêvais de connaître la France, où mon père, diplomate, avait vécu et où l'une de mes sœurs est née », ajoute-t-elle, comme une évidence.

Parcours nantais

C'est ainsi qu'elle arrive à Centrale Nantes, en 2015, avec son fils de 3 ans, pour suivre le master Sciences de mécanique appliquée. « En deuxième année, j'ai choisi la spécialisation « Composites », un domaine nouveau pour moi, et j'ai réalisé mon stage de recherche au laboratoire GeM avec Christophe Binetruy », souligne Nihad Siddig. Après une thèse de doctorat soutenue à l'université Le Havre Normandie, la jeune ingénieure revient à Nantes, pour son post-doctorat à l'IRT Jules Verne et l'Ecole Centrale de Nantes avec Sébastien Comas-Cardona et Christophe Binetruy (laboratoire GeM), dans l'équipe simulation, pour participer au projet Zebra de recyclage de pales d'éoliennes.

« Aujourd'hui, je suis très heureuse, car mon parcours me permet de travailler sur des projets passionnants et essentiels », affirme-t-elle, en soulignant la dimension collaborative du travail en équipe au sein de l'IRT.

Nihad Siddig a notamment travaillé sur la modélisation et la simulation de la mise en œuvre des composites et la caractérisation des matériaux, notamment pour les procédés de l'infusion et le RTM.

Féminiser la recherche industrielle

Elle apprécie de voir la recherche industrielle se féminiser peu à peu.

« Aujourd'hui, à l'IRT, il y a de nombreuses femmes, qui occupent des positions de responsabilité démontrant ainsi leur force et leur influence. Des ingénieures R&D, des cheffes de projets... C'est important pour moi de témoigner pour montrer aux jeunes filles que c'est possible », souligne celle dont le prénom signifie « Très-haut », et qui n'a visiblement pas fini de viser les étoiles. •

Au LTeN, les chercheurs sont aux petits soins pour la santé de la matière

Le Laboratoire Thermique énergie de Nantes se distingue par la qualité de ses travaux sur les matériaux composites, en lien notamment avec l'industrie aéronautique. Explication avec son directeur, Steven Le Corre.

TEXTES : XAVIER DEBONTRIDE, JOURNALISTE

*Steven Le Corre,
directeur du LTeN*

Steven Le Corre affiche la modestie des grands chercheurs. Il faut presque insister pour qu'au détour d'une phrase, le directeur du LTeN (Laboratoire Thermique énergie de Nantes) reconnaisse que l'une de ses inventions est « unique au monde » ! Cette machine spéciale, baptisée PVT Haddoc, permet de caractériser les matériaux composites, de l'état liquide à l'état solide. Objectif de ce banc de torture ultra-perfectionné : mesurer, sous pression, la déformation des matériaux à haute température. Bardé de systèmes de chauffage, de refroidissement, de lasers, ce PVT (pour Pression, Volume, Température) fait figure d'outil ultime pour l'étude des matériaux composites. La machine PVT Haddoc a été développée il y a une dizaine d'années en partenariat avec l'IRT Jules-Verne, et depuis, trois thèses ont pu être réalisées avec cet équipement. « Elle est assez difficile à utiliser, sourit Steven Le Corre, mais correspond tout à fait à la spécialisation du laboratoire. Nos appareils permettent de tester toute une batterie de paramètres d'un seul coup ».



pièces, déterminent leur qualité en termes de porosité, étalonent leur résistance au vieillissement... Des paramètres indispensables à leur utilisation en milieu extrême, comme l'aéronautique qui s'engage à pouvoir faire voler un avion durant... 30 ans !

« Nos équipes travaillent sur la caractérisation thermo-mécanique : c'est-à-dire tous les changements qui s'opèrent à l'intérieur de la matière », précise Steven Le Corre, à la tête d'un labo qui emploie 75 personnes et compte une trentaine d'enseignant-es-chercheur-es. L'activité composites du LTeN, quant à elle, mobilise 6 enseignant-es-chercheur-es et une dizaine de doctorant-es et post-doctorant-es.

Santé-matière

Une spécialisation qu'il résume d'une drôle de formule : la « santé-matière ». Pas de médecins ici, mais des ingénieures qui auscultent les

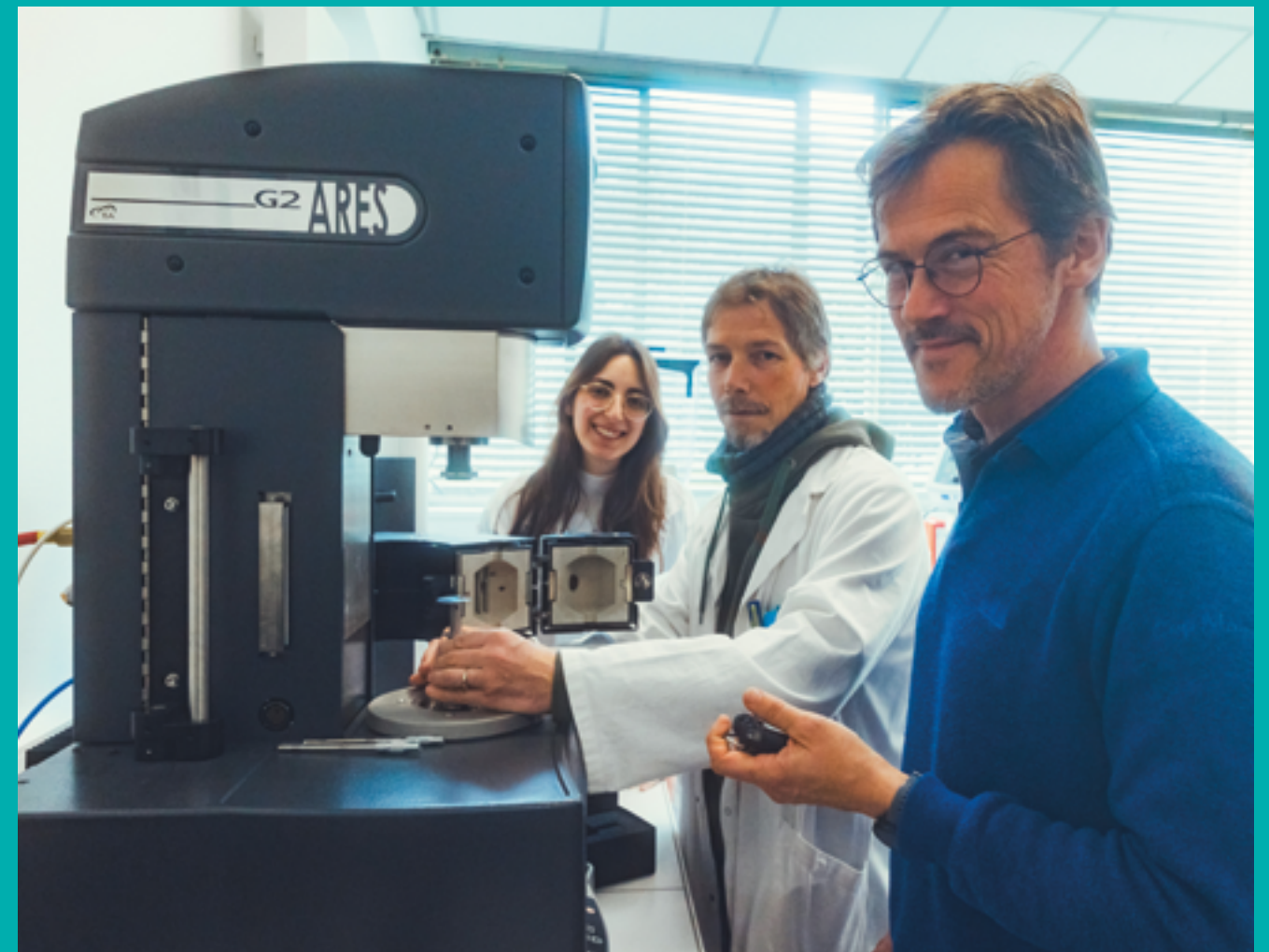
*Une partie de l'équipe
du LTeN*

Appel à projets européen

Les projets ne manquent pas dans le champ des matériaux composites. Le LTeN développe naturellement ses travaux à l'échelle européenne. « Nous avons été sollicités pour monter un réseau européen de compétences « Actions Marie Curie » sur le thème des contraintes et déformations résiduelles. Il s'agit d'étudier et de caractériser les efforts emmagasinés dans le matériau, qui conditionnent sa géométrie finale et sa résistance mécanique... », confie le directeur. La réponse à cet appel à projets européen qui mobilise une dizaine de partenaires, et dont le LTeN devrait être partenaire, est attendue en 2024.

Composites et recyclage

Côté matériaux, l'avenir est aux composites à matrice thermoplastique, qui intéressent de près l'industrie aéronautique. L'enjeu est de taille : parvenir, à terme, à remplacer les ancrages mécaniques (les fameux rivets qui permettent par exemple d'assembler les ailes d'avion au fuselage) par du soudage de pièces entre elles. De quoi considérablement alléger le poids des avions, et donc leur consommation de carburant. ■

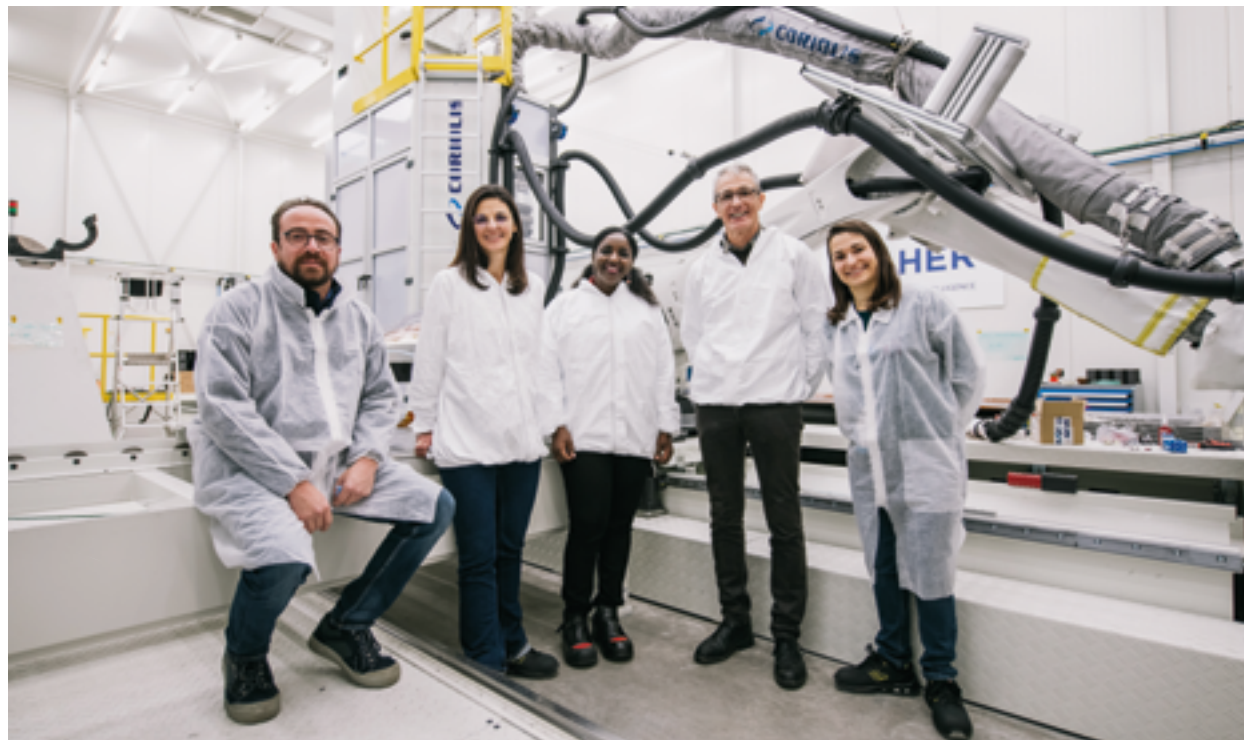


Chez Daher, les composites sont rois

L'équipementier aéronautique s'est doté d'un centre de recherche et développement, Shap'In, à Nantes, à deux pas de l'IRT Jules Verne. Ici, les ingénieurs planchent sur les multiples utilisations des composites carbone, en remplacement des pièces métalliques.

Rencontre avec Julie Vaudour, responsable adjointe du service R&D.

De gauche à droite :
Ivain Lemoine - Responsable du Pôle Placement de Fibres Composite (Daher),
Julie Vaudour (Daher), Nihad Siddig et Yannick Amosse, Agathe Navereau - Ingénieur Matériaux et Procédés (Daher)



© DAHER



Julie Vaudour, responsable adjointe du service R&D chez Daher

Simulations de procédés

Au cœur de la halle technique de Daher trône un impressionnant robot de placement de fibres de carbone. Cette machine, mise au point par Coriolis, représente un investissement d'environ 2 millions d'euros et permet aussi de mener des projets de recherche. Qu'apporte la coopération avec l'IRT Jules Verne ? « Elle nous permet d'accéder à des approches plus scientifiques. Nous avons besoin de mieux comprendre et d'aller plus loin, et nous n'avons pas le temps de gérer une thèse », répond Julie Vaudour. « Ce qui est vraiment intéressant, c'est que nos projets associent toujours une dimension de recherche scientifique avec une application industrielle concrète. Nous réalisons beaucoup de simulations de procédés, afin de réduire les coûts de développement », poursuit-elle.

Un exemple ? Le projet Connect, qui porte sur le surmoulage des composites. C'est une sorte de mix entre l'injection et du composite en fibres continues. « Ici, on surinjecte de la matière, et nous tentons de comprendre comment l'adhésion est générée entre la résine surinjectée et le composite à fibres continues », détaille Julie Vaudour.

D'autres débouchés que l'aéronautique

La décarbonation est évidemment au cœur des enjeux de l'aéronautique, et les nouveaux composites thermoplastiques offrent des perspectives intéressantes, « Daher investit depuis dix ans sur ces composites de deuxième génération à base de résine thermoplastique, qui vont permettre demain de souder les pièces entre elles au lieu de les riveter pour réduire la masse de ces sous-ensembles. Et elles sont réutilisables.

L'objectif, à terme, est clairement de les recycler et de les réutiliser pour fabriquer de nouvelles pièces d'avion », explique Julie Vaudour. Déjà, un Airbus 350 contient 50% de pièces en composites, pour les ailes, le fuselage...

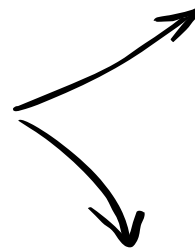
Entre l'IRT Jules Verne et le site de Daher de Bouguenais, il n'y a qu'un pas. 400 mètres à peine séparent en effet les deux établissements, et les coopérations s'en trouvent évidemment facilitées. « Nous travaillons beaucoup avec l'IRT. Ici, nous développons des procédés et des produits, dans une logique de double réduction, de masse et de coût », confie Julie Vaudour, responsable adjointe du service R&D du groupe Daher. Celui-ci emploie une dizaine de chef-fes de projets qui ont la responsabilité d'un ou plusieurs projets de recherches, en lien avec des expert-es métiers. « Chaque projet mobilise entre 5 et 15 personnes, dans une logique transverse et multi-métiers », précise Julie Vaudour.

Parmi les projets en cours, les équipes de Shap'In (composées de 80 ingénieurs et techniciens) planchent notamment sur la pièce pylône qui supporte le moteur de l'avion. Actuellement, il s'agit d'une pièce en titane, mais demain, elle pourrait être remplacée par une pièce en composites. Ces travaux s'inscrivent dans le cadre du projet Match2 ([Lire par ailleurs p.8](#)).

« Avec la démarche « ReUse Carbone », nous cherchons d'autres débouchés que l'aéronautique pour écouler rapidement notre gisement de chutes composite thermoplastique issu de notre production actuelle. Il y a des pistes intéressantes dans le secteur des sports et loisirs, notamment. Nous souhaitons participer à une filière de réemploi des composites à l'échelle des territoires. Cette problématique intéresse tout particulièrement nos jeunes ingénieurs », souligne la spécialiste. De quoi, au passage, renforcer la marque employeur de l'équipementier ! ■



LE MANUFACTURING LAB,
 espace de prototypage
 de la Halle 6 Ouest de
 Nantes Université, se dote
 d'équipements spécialisés,
 robot et tête d'impression 3D
 à pellets, afin d'expérimenter
 les usages possibles
 des granulés de carbone
 recyclés produits
 par DAHER.



Le projet Costo met du carbone recyclé dans les batteries

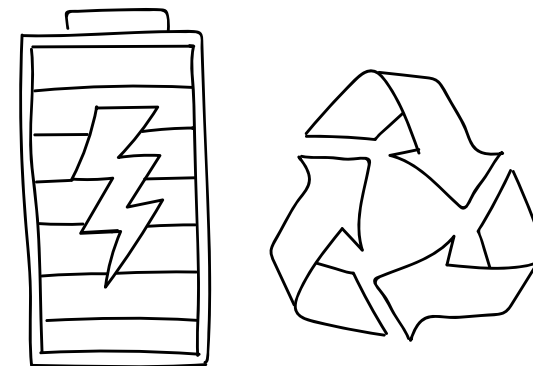
Et si les piles et batteries de demain étaient produites à base de tous matériaux recyclés intégrant de la fibre de carbone ? C'est le sujet du projet COSTO, développé par Thierry Brousse, professeur à Polytech Nantes et chercheur au laboratoire IMN (Institut des Matériaux Jean Rouxel de Nantes) en partenariat avec les sociétés MELIAD et CAPACITÉS SAS : filiale d'ingénierie de Nantes Université.

Il consiste en une technologie inédite pour recycler les matériaux composites dans des applications de conversion et de stockage d'énergie. Ce travail collaboratif a permis de démontrer la faisabilité d'un procédé innovant permettant de réaliser des batteries, des supercondensateurs ou encore des électrolyseurs à partir de chutes de production ou de composites usagés. Un brevet est déjà déposé et des développements sont à l'étude grâce à l'accompagnement de la SATT Ouest Valorisation.



© GFSGFS

Une cellule électrochimique intégrant un composite recyclé et traitée selon le procédé du projet Costo



Découvrir les expertises CAPACITES en polymères et composites

INTERVIEW >

Francky Trichet, vice-président numérique à Nantes Université & vice-président innovation, numérique, international, francophonie et pratiques sportives libres à Nantes Métropole

Avec « Nantes, terre de réemploi », nous avons un coup d'avance

Lancée début 2023, l'initiative « Nantes, terre de réemploi » vise à fédérer les acteur·rices pionnier·ères du réemploi local et à cartographier les gisements de matières afin de les valoriser dans de nouveaux processus industriels.

Le point sur cette démarche ambitieuse qui s'inscrit dans une logique transfilières, avec son initiateur Francky Trichet.



Francky Trichet, vice-président numérique, Nantes Université & vice-président innovation, numérique, international, francophonie et pratiques sportives libres à Nantes Métropole

1 Comment est née l'initiative « Nantes, terre de réemploi » ?

Francky Trichet • Le réemploi et la réduction des déchets sont encore largement sous-estimés dans la recherche de décarbonation de nos activités. Or c'est un levier fort de la décarbonation, d'autant plus important que les gisements de matières sont nombreux. Nous avons donc souhaité créer cette dynamique collective et marque « Nantes, terre de réemploi », en identifiant les très nombreux gisements de matières existant sur notre territoire, en lien avec la présence d'industries structurantes : l'aéronautique, la construction navale, le BTP, mais aussi l'industrie du textile et la mode responsable ou le numérique...



2 Dans quel contexte s'inscrit cette démarche ?

FT • Elle bénéficie d'un double facteur favorable : l'environnement réglementaire, avec la loi Agec qui va accélérer le recours au réemploi, ainsi que les questions de souveraineté nationale, qui nécessitent de réduire la dépendance à certains composants et matières stratégiques.

3 Quelles sont les premières actions concrètes dans ce domaine ?

FT • Tout est parti d'une rencontre avec le skipper Armel Tripon qui veut construire un bateau Imoca en carbone recyclé pour le prochain Vendée Globe. Ce fut le déclic : d'un côté, il y avait Airbus qui avait d'importantes chutes de carbone déclassé issues de ses process industriels, et de l'autre, une demande adressée localement à cette matière rare et coûteuse. Par son ancrage territorial et sa cohérence industrielle, ce projet « ReUse Carbone » coche toutes les cases ! J'ai coutume de dire que c'est un peu

la « tête de gondole » de Nantes, Terre de réemploi.

4 Mais derrière cet exemple très médiatisé, il y a d'autres initiatives, moins connues...

Tout à fait ! Nous avons identifié des gisements de 200 à 250 tonnes de matériaux composites à l'échelle du territoire. Il s'agit de leur trouver de nouveaux usages dans d'autres secteurs que ceux d'origine. Un exemple : prenez les mats des lampadaires publics, qui sont en alliage métallique. On en compte 9 000 sur la métropole ! Pourquoi ne pas étudier la possibilité de les fabriquer en carbone recyclé. On rencontre la même démarche avec les équipes du CHU de Nantes qui réfléchissent à se doter de matériels d'équipement médical (brancards, chaises roulantes...) dans ce matériau beaucoup plus léger que l'alliage de métaux habituellement utilisé.



5 Quelle est la feuille de route de Nantes, terre de réemploi ?

FT • L'année 2024 est consacrée à la qualification et l'industrialisation des gisements de réemploi. Nous devons identifier des lieux d'innovation et de valorisation de ces gisements, dans une logique de proximité, d'économie circulaire. Mais avec cette approche de « réemploi à la nantaise », nous avons un coup d'avance sur la réglementation ! Il va s'agir, dans les mois qui viennent, de structurer notre approche, dans une logique transfilières, pour faire se rencontrer des acteurs industriels qui ne se connaissent pas et qui n'auraient pas forcément imaginé pouvoir travailler ensemble. Et dans ce cadre, les laboratoires de recherche de Nantes Université ont toute leur place pour imaginer de nouveaux usages à ces matériaux du futur et pour consolider des dispositifs de formation nécessaire à la montée en compétences techniques et managériales sur cet enjeu du réemploi transfilières.



Realisation d'une impression 3D en terre crue à la Halle 6 Ouest dans le cadre de la Design Factory Nantes.

Composite Meeting

Un groupe d'acteur·rices de la démarche de ReUse Carbone dans la région s'est employé à mettre en avant le dynamisme en marche autour du réemploi et de la réutilisation des composites à l'occasion de l'événement « composite meeting », fin 2023 à Nantes organisé par le Pôle de compétitivité EMC2. Lors de cette convention d'affaires internationales, Airbus/Edalis/Association Kernel et Nantes Université ont organisé une table ronde pour expliquer la démarche et mis en avant la complémentarité des expertises de chacun·e pour faire naître un produit commun (cf. planche de Transfert p 27). Ce groupe de travail a pour volonté de continuer à avancer ensemble autour de cette problématique pour comprendre, imaginer et valoriser ce matériaux.

Nantes Université et son projet "Ouverture"

Dans le cadre du programme ExcellencES, un soutien financier de l'ANR à hauteur de 23 millions d'euros a été obtenu par Nantes Université pour déployer son projet "Ouverture". Dans ce projet l'un des 3 axes appelé « Innovation Ouverte » a pour objectif de déployer 6 collectifs d'innovation interdisciplinaires, dont un premier sur la réutilisation du carbone.

Ainsi en combinant le programme « Innovation ouverte » et les forces en présence du territoire, ce collectif permettra de développer de nouvelles connaissances et solutions, faire émerger de nouvelles spécialisations sur le territoire et inventer des activités de diffusion auprès de la société.



© CYANEA / THOMAS GRINSEL

Avec TerraCool, la ville prend le frais

Dans une démarche « low-tech », le projet TerraCool vise à réutiliser de la terre issue de chantiers pour concevoir des îlots de fraîcheur urbains, par construction robotisée grâce à l'impression 3D. Véritable bouclier naturel et écologique contre les pics de chaleur en zone urbaine, notamment après avoir vécu ceux durant l'été 2022.

Chaque construction sera conçue en fonction de l'environnement dans lequel elle sera installée et en fonction des usages et des futurs usagers.

Cette terre, disponible en abondance et à proximité, possède des propriétés thermiques largement propices à la régulation de l'humidité. Les résultats recherchés sont : 4°C en moins pour les usagers dans ces nouveaux espaces de rafraîchissement en gérant l'apport hydrique et en favorisant le rafraîchissement adiabatique ! Utilisée depuis des siècles dans les techniques de construction comme le torchis, le pisé, la bauge, les briques de terre compressée, etc-

cette terre se retrouve aujourd'hui au cœur de TerraCool.

Ce projet participatif et innovant d'espace de fraîcheur et de mobilier urbain, mené par des chercheur·es du laboratoire LS2N de Nantes Université, de l'IUT de Nantes et du laboratoire AAU (Ambiances Architectures Urbanités) de l'ENSA Nantes (école nationale supérieure d'architecture de Nantes), implique comme partenaire Nantes Métropole.

Les îlots de fraîcheur créés avec le principe TerraCool peuvent être implantés sur des places publiques, mais aussi des écoles ou sur des fonciers appartenant à des entreprises pour proposer des espaces de bien-être ou de pause fraîcheur pour les personnels.

Sur demande, Nantes Université accompagne les projets de création d'espaces TerraCool.



De l'éprouvette à la structure, les équipes de Nantes Université vous accompagnent



Légende

Formulation de composites bio-sourcé

- Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement
- Génie des Procédés Environnement - Agroalimentaire
- Oniris, VetoAgroBio

Formulation de composites bio-compatible

- Regenerative Medicine and Skeleton

Transfert de chaleur et thermomécanique des composites

- Laboratoire de Thermique et Energie de Nantes

Modélisation mécanique pour le traitement des structures composites

- Institut de Recherche en Génie Civil et Mécanique

Etudes des composites à échelle nano

- Institut des Matériaux Jean Rouxel de Nantes

Soudage des composites par induction

- Institut de Recherche en Energie Electrique de Nantes Atlantique

Robotique dans l'industrie des composites

- Laboratoire des sciences du numérique de Nantes

Preuve de concept et passage à l'échelle industrielle

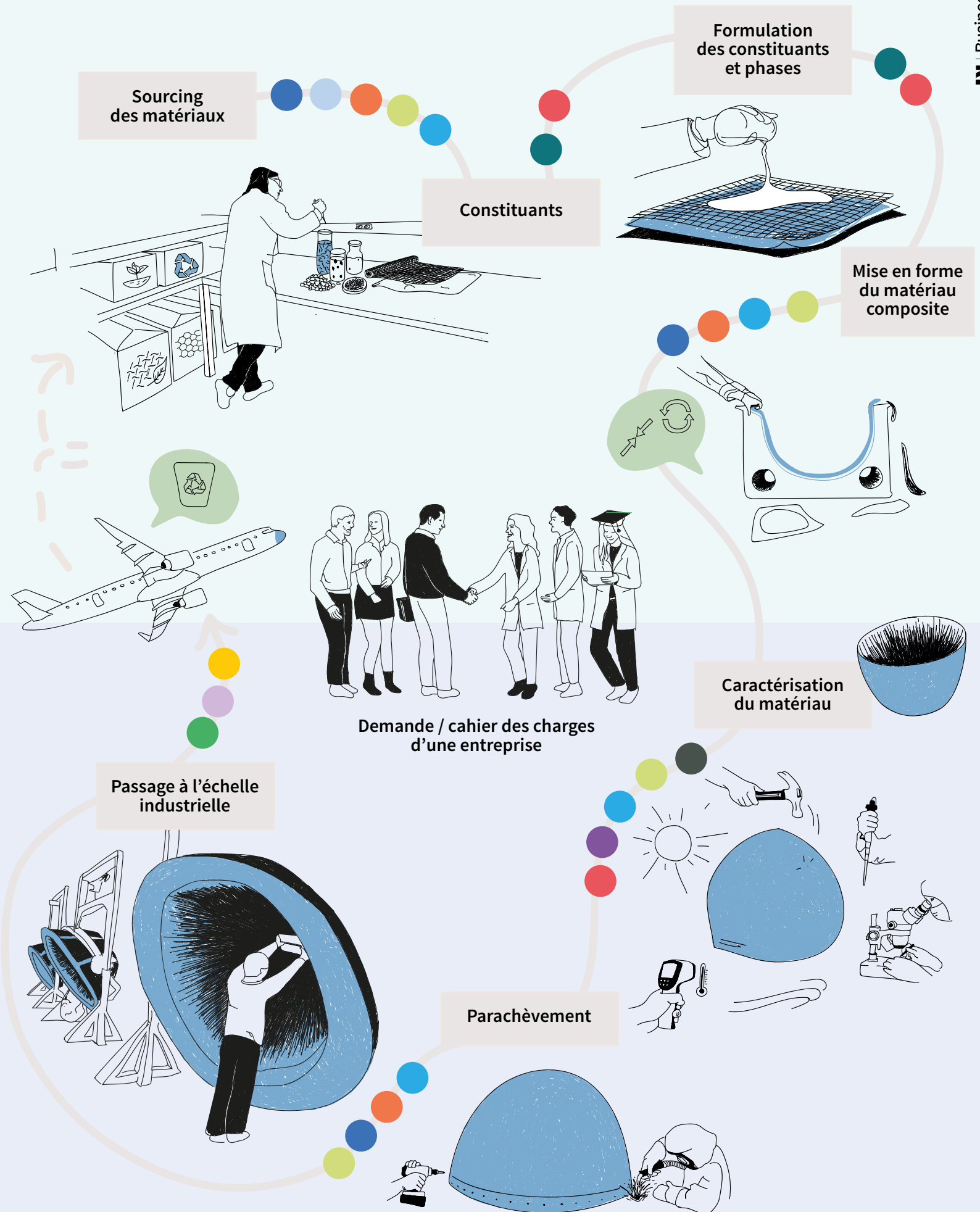
- IRT Jules Verne

Ingénierie et valorisation de la recherche

- Capacités SAS
- Centrale Innovation

Améliorer la filière de réemploi des matériaux composites

- Recyclage des matériaux composites**
compétences des acteurs de Nantes Université
- Réduction des déchets produits et réemploi**
compétences à développer en partenariat avec les industries du territoires



RMeS répare les tissus humains

Ce laboratoire a mis au point une collaboration innovante avec l'industriel HTL pour concevoir des substituts osseux à base de composites. Les résultats en médecine réparatrice sont prometteurs.

TEXTES : XAVIER DEBONTRIDE, JOURNALISTE

Lorsqu'il parle des composites, Pierre Weiss est intarissable. Et pour cause. « Je m'intéresse aux composites depuis une trentaine d'années, car mon père était un pionnier de ce domaine, et je me suis spécialisé dans les composites dentaires », confie ce chirurgien-dentiste de formation, professeur des universités, praticien hospitalier. Il est aujourd'hui responsable d'une équipe « REGOS » au sein du laboratoire RMeS (Regenerative MEdecine and Skeleton), dont les activités se focalisent sur les tissus mous et durs musculosquelettiques.

Ses produits de prédilection : les substituts osseux injectables. Ces formulations sont bien souvent composites, c'est-à-dire constituées de différents matériaux de natures différentes, pour en combiner les avantages respectifs.

Médecine personnalisée

La grande force de l'équipe RMeS réside dans l'association de plusieurs spécialités en son sein :



← Une partie de l'équipe REGOS du laboratoire RMeS

on y croise des vétérinaires, des pharmaciennes, des clicien-nes... Un véritable melting pot de savoir-faire pour une recherche translationnelle !

« La médecine personnalisée est un thème phare du laboratoire », souligne Baptiste Charbonnier, qui fait partie de l'équipe. Cet ingénieur matériaux de formation, chargé de recherche Inserm, s'est spécialisé dans la fabrication additive (ou impression 3D). Depuis deux ans et demi, il développe avec ses collaborateurs des substituts innovants imprimables en 3D, pour de la médecine personnalisée osseuse. Le principe, en apparence, est simple : un scanner permet d'identifier le défaut et son anatomie, et permet par la suite la fabrication d'une « pièce de rechange » sur mesure.

Ciments élastiques

« L'un des principaux défis de cette médecine personnalisée consiste à éviter les petites erreurs cumulatives qui font que le substitut osseux personnalisé n'est pas adapté, car trop grand ou

trop petit. Ça se joue à quelques millimètres ! », souligne Baptiste Charbonnier. Pour éviter cet écueil, le laboratoire développe une nouvelle génération de structures cimentaires déformables, plus faciles à placer et à ajuster au défaut osseux. Cet implant « malléable » durcit ensuite après insertion dans le défaut. « Cette technique a montré des résultats très prometteurs pour le traitement de fentes labio-palatines (les becs-de-lièvres) chez le patient chien, et nous espérons translater ces avancées chez l'enfant », précise Pierre Weiss.

Le secret de cette technologie : les ciments « élastiques ». Ce sont des matériaux composites qui associent une poudre réactive à un hydrogel pour former une pâte imprimable, permettant la fabrication d'un implant sur mesure. Le chirurgien dispose alors d'une solution personnalisée, qu'il peut adapter très facilement en cas d'imprévu au bloc opératoire. À terme, l'os va remplacer le matériau pour une reconstruction totale du défaut.

Cette spécialisation nantaise sur les ciments élastiques mérite d'être soulignée car il existe

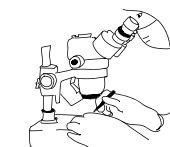
peu d'autres centres de recherche en la matière. « On trouve des études intéressantes en Allemagne et en Espagne mais nous ne sommes pas nombreux à travailler sur ce sujet. L'association d'une poudre cimentaire avec un hydrogel réticulé est une idée récente. Mais c'est surtout la façon de le préparer, de le stocker et de le réhydrater qui est innovante. En effet cette étape de réhydratation est cruciale pour donner les propriétés élastiques du ciment », ajoute Pierre Weiss.

Laboratoire commun

Pour ce produit révolutionnaire, l'équipe du laboratoire RMeS a déposé un brevet, et une publication scientifique est en cours. Comme souvent dans ce type de recherche, un partenariat a été développé avec un partenaire privé.

« Il y a quelques années, lors d'un congrès spécialisé en Italie, j'ai fait la connaissance du directeur de la recherche du laboratoire HTL, spécialisé dans l'acide hyaluronique. Nous avons évoqué la possibilité d'une collaboration pour produire de l'hydrogel et nous avons commencé avec une thèse Cifre débutée en 2016 et soutenue en 2019 par Kilian Flégeau », raconte Pierre Weiss.

Validé par l'Agence nationale de la Recherche (ANR), un laboratoire commun, Gelmeccs, a été créé en 2020 avec HTL, pour une durée de 5 ans. Un projet de chaire industrielle avec HTL vise à pérenniser cette démarche. « Les compétences des ingénieurs d'HTL dans l'acide hyaluronique leur permettent de fabriquer en conditions « GMP » (Bonnes pratiques de fabrication) des hydrogels qui réticulent spontanément par variation de pH », explique Pierre Weiss. Pas très clair ? « Prenez un plat de spaghettis qui bougent et qu'on lie ensemble à l'échelle nanométrique. C'est un peu l'idée ! », ajoute-t-il avec humour. Là encore, le sur-mesure est roi, avec des hydrogels adaptés aux différentes cellules, avec une rigidité correspondant précisément à celle des tissus à réparer. ■



HTL, champion de l'acide hyaluronique

► L'entreprise HTL Biotechnology a été fondée en 1992 à Javené, près de Fougères (35) par la pharmacienne Michèle Ranson qui a eu l'idée de produire de l'acide hyaluronique par fermentation et non plus par extraction des crêtes de coq. En forte croissance, notamment à l'international, elle emploie désormais 300 salarié-es et figure parmi les principaux producteurs mondiaux d'acide hyaluronique de grade pharmaceutique. Parmi ses applications les plus connues du grand public : les crèmes anti-rides ! Mais ses produits se retrouvent également dans de nombreuses spécialités, notamment l'ophtalmologie pour la chirurgie de la cataracte, la rhumatologie pour le traitement de l'arthrose du genou...

HTL, qui travaille en collaboration avec une dizaine de laboratoires académiques et privés, a produit au total 400 millions de seringues et l'équivalent d'un milliard de gouttes oculaires administrées.

Travail en amont

HTL Biotechnology est spécialiste des acides hyaluroniques modifiés, par échanges moléculaires. C'est un procédé coûteux et l'entreprise apprécie la collaboration avec le laboratoire RMeS car il permet de travailler en amont sur de la recherche appliquée, avec des thèses.

Léa Messenger, responsable de laboratoire R&D chimie sur le site de Javené, apprécie la proximité avec Nantes, qui « permet d'aller plus vite dans les échanges ». Les doctorant-es accueilli-es régulièrement dans l'entreprise découvrent quant à eux des équipements à l'échelle industrielle. « Au laboratoire RMeS, ils réalisent les expériences dans un ballon en verre, ici, c'est dans une cuve en inox ! Nous sommes vraiment complémentaires », souligne Léa.

Pour l'heure, l'équipe recherche et développement s'emploie à développer de nouvelles applications. Parmi celles-ci : des micro-aiguilles solvables, fabriquées en acide hyaluronique. Ces patches de moins d'1 millimètre pourraient être utilisés comme des vaccins.



Fibre d'acide hyaluronique

Les bâtiments de la société HTL



© AGENCE BRUNET-MONIE

© CRÉDIT PHOTO HTL

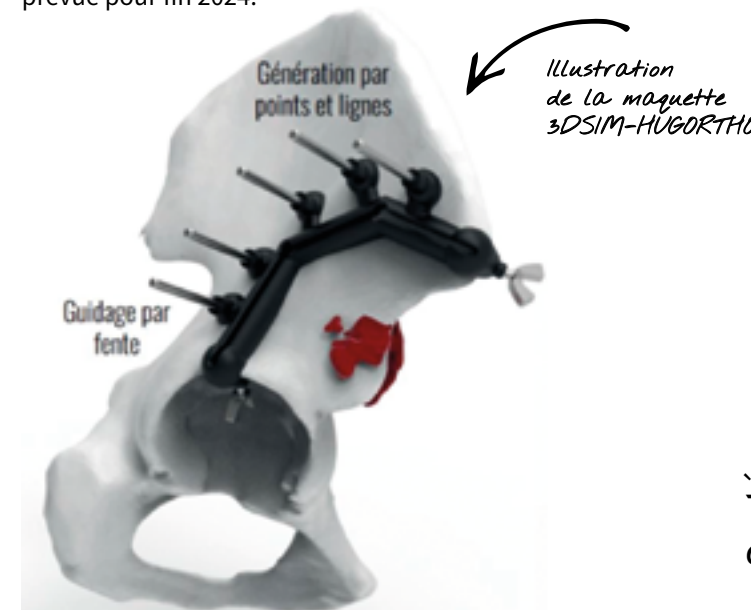
Un genou en 3D pour les futur-es chirurgien·nes orthopédiques

Les étudiant-es en médecine spécialisé-es en chirurgie orthopédique et traumatologique se forment essentiellement grâce à la simulation en réalité virtuelle ou sur des sujets anatomiques, notamment pour l'arthroscopie. Porté par le CHU de Nantes, ses partenaires et le réseau HUGORTHO, le projet 3DSIM-HUGORTHO vise à concevoir une maquette très haute-fidélité du genou à usage pédagogique arthroscopique.

Cette maquette permettra de palier les coûts élevés des sujets organiques et leur manque de disponibilité, tout en incarnant un meilleur support que celui en réalité virtuelle !

Sa conception passera par plusieurs étapes : une modélisation numérique accompagnée d'études de déformations potentielles des matériaux, puis une sélection de biomatériaux aptes à reproduire la biomécanique des tissus humains. La maquette sera ensuite évaluée par

des chirurgien·nes orthopédistes expert·es pour valider son réalisme et sa capacité de transposition de compétences. La version pilote de la maquette 3D-SIM de très haute définition est prévue pour fin 2024.



© CHU DE NANTES

Ré-emploi carbone : du prototype vers le marché

Pas toujours facile pour une personne en situation de handicap de passer de son lit vers son fauteuil roulant. Un projet étudiant encadré par le département Science et Génie des Matériaux de l'IUT de Nantes, en collaboration avec le CHU de Nantes, propose leur solution.

Un prototype de planche de transfert en fibre de carbone a en effet vu le jour dans les ateliers de l'IUT. Originalité de la démarche : la conception de cette planche se démarque par l'intégration des chutes de matériaux composites récupérées chez Airbus. Initialement destinées à l'aéronau-

tique, ces chutes affichent des performances mécaniques élevées. Les premiers retours sont encourageants et les utilisateur·rices plébiscitent la nouvelle planche en carbone, plus ergonomique, plus légère et plus solide. Des discussions sont en cours afin d'industrialiser cette planche de transfert, en lien avec la société Edalis, plus particulièrement sa filiale Le Comptoir du carbone et l'ensemble des partenaires. **Objectif :** passer à l'échelle d'une production petite série et commercialiser cette solution.

La Jules Verne Manufacturing Academy, une “usine-école” pour rendre l’industrie désirable



Sebastien Leroy, président de la JVMA et directeur de l'open innovation chez Daher, avec Cyril Kouzoubachian, directeur de la JVMA

À Bouguenais, non loin des pistes de l’aéroport, se niche une académie pas comme les autres. La Jules Verne Manufacturing Academy accueille depuis deux ans des étudiant-es et leurs enseignant-es pour leur permettre de travailler sur des machines industrielles de pointe mais également des entreprises qui souhaitent accélérer le développement de leurs compétences dans le domaine de l’usine du futur. Le point sur un partenariat public-privé innovant, une « usine-école » au modèle unique en France.

—
TEXTES : XAVIER DEBONTRIDE, JOURNALISTE

Jules Verne n’avait pas employé la trottinette pour son tour du monde en 80 jours. Pourtant, c’est bien ce petit engin de mobilité décarbonée que les étudiant-es accueilli-es à la Jules Verne Manufacturing Académie (JVMA) apprennent en effet à produire à l’aide d’équipements de pointe dans cette véritable usine du futur 4.0.

Derrière l’anecdote se cache une initiative exemplaire associant le monde académique et les industriels du territoire nantais. « À l’origine, il y a ce constat un peu désespérant qui veut que près de la moitié des jeunes formé-es à des métiers de l’industrie renoncent à cette voie au moment d’entrer sur le marché du travail. Avec la JVMA, nous voulons attirer les jeunes vers ce secteur », explique Sébastien Leroy, président de la JVMA et directeur de l’open innovation chez l’avionneur et équipementier aéronautique Daher.

De formation universitaire, ce nantais d’origine, a participé à la création de l’IRT Jules Verne et s’est toujours passionné pour les questions d’innovation et de formation. C’est ainsi qu’est né le concept de la JVMA, moyennant un investissement de 12 millions d’euros dans le cadre

du Programme d’investissement d’avenir (PIA). A la clé, 3 000 m² dédiés aux métiers de l’industrie, dont une halle technologique de 2 000 m².

Modèle public/privé

La JVMA fonctionne selon un modèle public/privé avec une partie de fonds publics (État – Région) et une part de facturations privées liées à l’offre de services, pour un budget annuel de l’ordre de 1,1 million d’euros. « C’est l’illustration concrète de notre capacité à travailler ensemble à Nantes et plus largement sur l’ensemble de la région des Pays de la Loire. L’IRT Jules Verne, qui a dix ans, est un exemple de réussite collective qui a permis de rattacher l’industrie au centre de Nantes et à l’Université. C’est une formidable passerelle », affirme Sébastien Leroy.

En 2023, première année pleine de son fonctionnement, la JVMA a accueilli près de 3 000 visiteurs, dont près de 1 000 apprenant-es, accompagnés de leurs enseignant-es. Près d’un tiers sont issu-es d’établissements rattachés à Nantes Université. « La halle technologique

Des étudiants du BUT Science et Genie des Matériaux (SGM) lors de TP organisés par l'IUT de Nantes autour de la fabrication d'un deck de trottinette

abrite une partie d'équipements physiques injection, usinage et des outils numériques. Les apprenant-es peuvent utiliser ces lignes, en formation initiale ou continue », précise Sébastien Leroy.

Ils/elles peuvent ainsi suivre toutes les étapes de conception et de fabrication de la fameuse trottinette, imaginée par l'Institut du Design de Nantes dans deux versions : ville ou freestyle. Au cœur de la démarche, une approche à la fois ludique et didactique pour rendre l'industrie désirable.

Open Innovation et design thinking

Sébastien Leroy sait que le secteur aéronautique dont il est issu est très challengé par les jeunes générations, et il n'élude pas la critique. « C'est vrai que nos impacts sociétaux sont questionnés. Nous visons d'abord l'efficacité et la sécurité de nos produits et process. La sobriété

est, certes, largement liée à l'usage » mais le secteur aéronautique français se fédère une feuille de route de l'avion décarbonée et notamment sous l'impulsion du CORAC (Conseil d'Orientation pour la Recherche Aéronautique Civile), souligne-t-il.

C'est pourquoi la JVMA entend progressivement contribuer à l'avion bas carbone et à faire connaître les nouveaux matériaux composites, notamment les thermoplastiques, qui ont la particularité d'être recyclables.

L'open innovation et l'intelligence collective sont au cœur de la démarche. À la JVMA, on utilise les méthodes du design thinking. Avec une certitude : la première génération digital native arrive au pouvoir. « En 2030, 66 % des effectifs de nos industries seront constitués de personnes nées après 1984 », rappelle Sébastien Leroy. Avec son usine-école pas comme les autres, la JVMA entend bien leur donner l'envie de s'y épanouir. ■



Formation



© JVMA

Les composites à l'honneur dans une quinzaine de formations

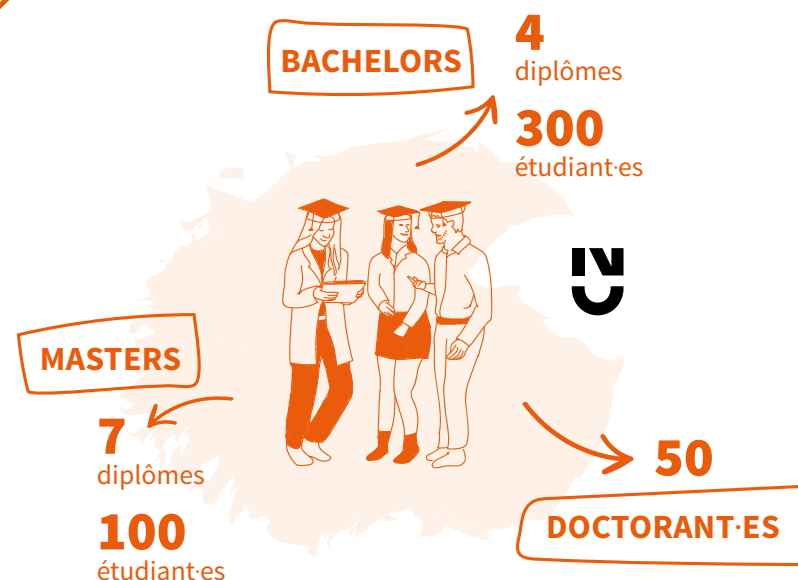
L'excellence de Nantes Université dans les composites se traduit aussi par la formation, en parallèle de la recherche fondamentale. Chaque année, des centaines d'étudiant-es sortent diplômé-es des formations de tous niveaux en BUT, licence, master ou doctorat dispensées par différents établissements dans le domaine des matériaux et composites :

les IUT de Nantes et de Saint-Nazaire, l'École Polytechnique et l'École Centrale de Nantes. Toutes assurent une expérience en entreprise pendant le parcours d'apprentissage, que ce soit par un stage, une alternance ou encore un contrat CIFRE.

Soit près de 300 étudiant-es en licence/bachelor qui touchent aux composites, près de 70 étudiant-es formé-es à Nantes en masters et une cinquantaine de doctorant-es en thèse formé-es en continu sur les composites à Nantes, dont la moitié au GeM !

Que ce soit dans les domaines des matériaux composites pour l'aéronautique, l'automobile, la mécanique, la thermique ou encore l'énergie, ces formations apportent une expérience valorisée par l'aspect pratique et la compréhension des problématiques en situation réelle, en plus d'un socle robuste de connaissances fondamentales. Un vrai plus à l'heure du recrutement !

Chiffres-clés annuels



Nantes Université, grande habituée du podium du concours étudiant SAMPE

© SAMPE FRANCE



© ACTU.FR

Chaque année depuis 2009, l'association internationale SAMPE (Society of Advanced Manufacturing Process Engineering) organise un concours étudiant lors des journées techniques du SAMPE France.

Le principe : avec un kit de matériaux carbone préalablement envoyé aux différentes écoles et universités, les étudiant-es doivent imaginer une maquette de pont résistante et la plus légère possible. Les ponts sont ensuite testés et évalués en direct sur une machine d'essai devant un jury et l'entière des participants de la journée technique.

Les étudiant-es de Nantes Université s'y démarquent très souvent sur le podium et trusent régulièrement la première place : Centrale Nantes en 2013 et 2016, et l'IUT de Saint-Nazaire en 2010, 2012 (avec Polytech Nantes en 2^e position cette même année), 2014 et en

L'équipe gagnante du concours SAMPE de 2019 accompagnée du professeur Pascal Casari

2019, une édition particulièrement marquante car remportée par une équipe 100% féminine (!), encadrée par le professeur Pascal Casari, et toujours détentrice du record de l'épreuve ! En 2023, l'équipe de l'IUT de Saint-Nazaire a figuré en 2^e place du Prix du jury avec le concept du pont de Léonard De Vinci revisité dont on devrait entendre parler dans les années futures.

A noter que l'IRT Jules Verne, membre de Nantes Université, aura le plaisir de recevoir à Nantes le concours doctorants du SAMPE France en 2024, les 30 et 31 mai, et en 2025.



IRT Jules Verne

Institut de Recherche Technologique

Créé en 2012 dans le cadre du Programme d'Investissement d'Avenir, l'IRT Jules Verne est un centre de recherche industriel dédié au manufacturing. Sa vocation : améliorer la compétitivité de filières industrielles stratégiques en France en proposant des ruptures technologiques sur les procédés de fabrication. Sa mission : accélérer l'innovation et le transfert technologique vers les usines.

CONTACT

Match2 :

Yannick AMOSSE

yannick.amosse@irt-jules-verne.fr

—

ZEBRA :

Philippe PIARD

philippe.piard@irt-jules-verne.fr

Filière Lin

GeM

Institut de Recherche en Génie Civil et Mécanique (UMR_C 6183 - Nantes Université, Ecole Centrale, CNRS)

Le laboratoire GeM étudie les comportements mécaniques des matériaux composites et leurs couplages, depuis leur mise en œuvre jusqu'à leur durée en vie en usage. Il s'intéresse en particulier à l'impact de la diffusion hygroscopique sur le comportement mécanique des composites, notamment ceux renforcés par des fibres végétales. Dans ce cadre, le Prix Daniel Valentin 2023 a été décerné à Maël Péron, Maître de Conférences au GeM à l'IUT de Saint-Nazaire, par l'AMAC (Association pour les MATériaux Composites).

CONTACT

Maël PERON

mael.peron@univ-nantes.fr

LTeN

Laboratoire de Thermique et Énergie de Nantes (UMR 6607 - Nantes Université, CNRS)

Les activités du LTeN concernent la compréhension et l'analyse des transferts à différentes échelles, en vue de les maîtriser dans l'espace et dans le temps pour intensifier les transferts. Ses activités et son expertise, reconnues aux niveaux national et international, sont organisées en deux axes de recherche : transferts dans les fluides et systèmes énergétiques et transferts thermiques dans les matériaux et aux interfaces.

CONTACT

Steven LE CORRE

steven.lecorre@univ-nantes.fr

M-LAB

Halle 6 Ouest

La Halle 6 Ouest est un véritable catalyseur d'innovation et un lieu de recherche permettant de répondre aux enjeux de la société de demain. S'y mêlent chercheurs de renommée internationale, enseignants, étudiant-es, « jeunes pousses », artistes, ingénieur-es et entrepreneur-es... 3 labs prennent place au sein de ce bâtiment de 2 600m² permettant aux différents publics d'accéder à des technologies de pointe grâce une offre de services complémentaires depuis le prototypage de pièces jusqu'à l'étude de l'expérience usager.

CONTACT

Yannick OUVRARD

manufacturinglab.halle6@univ-nantes.fr

GeM

Institut de Recherche en Génie Civil et Mécanique (UMR_C 6183 - Nantes Université, Ecole Centrale, CNRS)

Une recherche originale en réponse à des problématiques industrielles concrètes. L'unité s'est donnée comme mission de pouvoir proposer des procédés de fabrication innovants, des outils de simulation adaptés pour le dimensionnement et la maîtrise du cycle de vie des produits, des structures et des ouvrages, en prenant en compte l'influence de sollicitations sévères et d'actions environnementales.

CONTACT

Ahmed LOUKILI

Ahmed.Loukili@ec-nantes.fr

TerraCool

LS2N

Laboratoire des Sciences du Numérique de Nantes (UMR 6004 - Nantes Université, CNRS, Centrale Nantes, IMT Atlantique)

Le LS2N est la plus grosse unité de recherche publique sur le site de Nantes et en région Pays de la Loire. Une ambition : rassembler les forces de recherche nantaises en automatisme, robotique, informatique et IA pour développer les sciences du numérique, ouvertes sur les autres disciplines et en conscience des défis sociétaux actuels et futurs.

CONTACT

Benoît FURET

benoit.furet@univ-nantes.fr

Construisons ensemble vos actions de mécénat

Outil de mécénat de Nantes Université et passerelle avec les acteurs économiques, la Fondation Nantes Université accompagne des projets à impact positif pour la société sur le territoire autour de thématiques clés : industrie du futur, santé globale, transitions environnementale et sociétale, citoyenneté, vie des campus...

Envie d'en savoir plus ? **Rencontrons-nous.**



fondation.univ-nantes.fr

Fondation
Nantes Université

Agir pour une société positive

02 72 64 88 92
fondation@univ-nantes.fr





COSTO

IMN

Institut des Matériaux de Nantes Jean Rouxel (UMR CNRS 6502)

L'IMN est l'un des principaux centres de recherche en matériaux en France. Ses travaux contribuent au perfectionnement de nombreux procédés industriels dans le domaine de la haute technologie, notamment pour les cellules photovoltaïques, les piles à combustibles, les batteries pour véhicules électriques, les nanotechnologies ou encore les matériaux pour mémoires, photoniques et optiques.

CONTACT

Thierry BROUSSE
thierry.brousse@univ-nantes.fr

GELMECS

RMES

Regenerative Medicine and Skeleton (UMRS INSERM 1229)

Le laboratoire RMeS est un centre d'excellence et un leader national dans le vieillissement du squelette et la médecine régénératrice. Ses thématiques s'étendent de l'étude des mécanismes qui régissent le développement, la croissance et le vieillissement des cartilages osseux et articulaire à la mise au point de stratégies de traitement du squelette innovantes 4R (Remplacement, Réparation, Régénération, Reprogrammation).

CONTACT

Pierre WEISS
pierre.weiss@univ-nantes.fr

Jules Verne Manufacturing Academy

L'usine-école au service de l'industrie du futur

Au sein d'un écosystème industriel et d'innovation dynamique, la JVMA est une usine école 4.0 mettant à disposition des opérateurs de formation, des équipements à la pointe de la technologie. La JVMA, a pour ambition de répondre aux nouveaux besoins en compétences des métiers de l'industrie du futur. Elle s'inscrit dans la continuité du projet de l'IRT Jules Verne qui est à la source du développement de ces nouvelles technologies.

CONTACT

Arnaud SCHMITT
arnaud.schmitt@jvma.fr

3DSIM-HUGORTHO

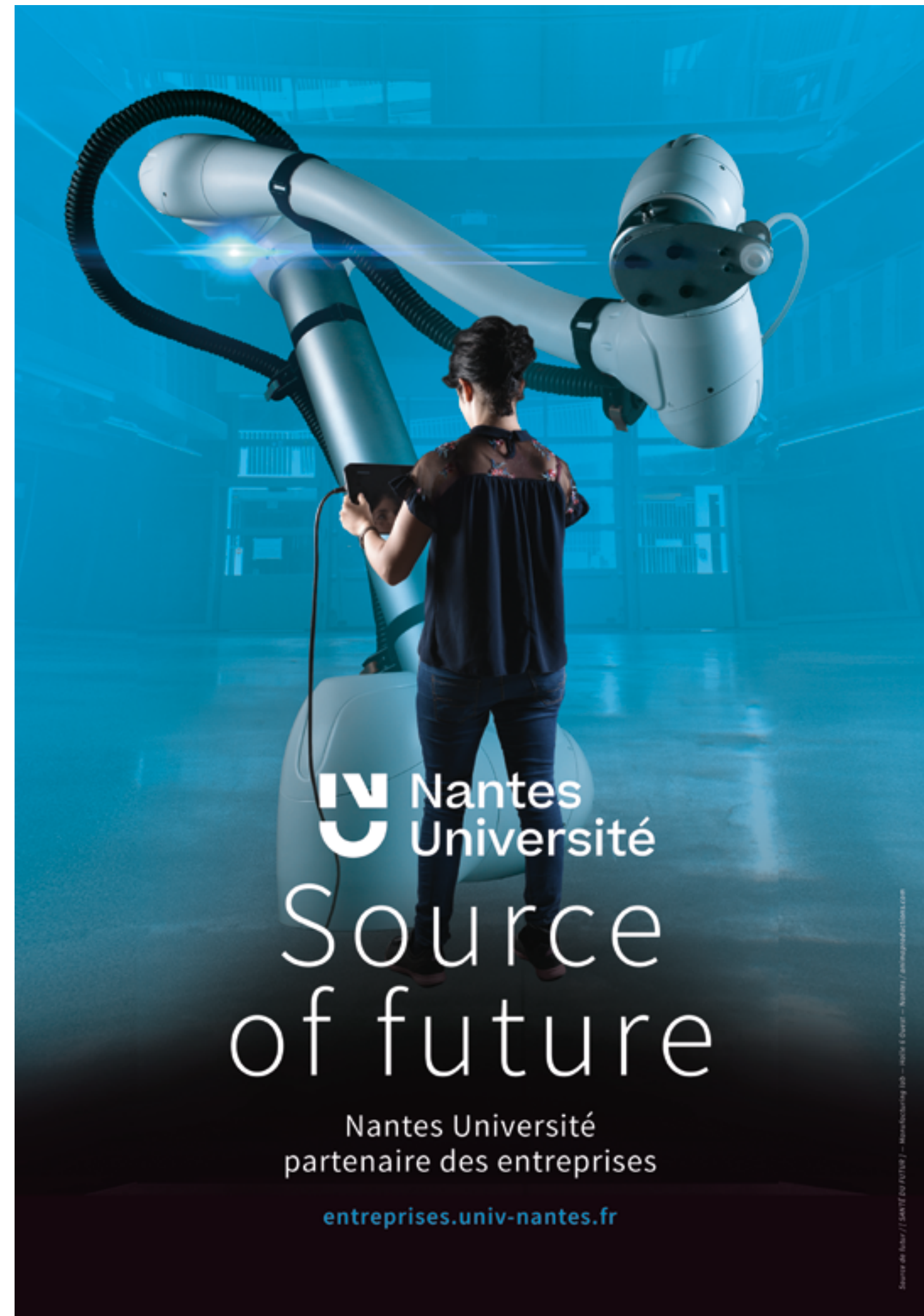
CHU de Nantes

Partenaire des facultés de médecine, d'odontologie et de pharmacie, le CHU de Nantes concourt à l'enseignement universitaire et post-universitaire, à la formation des praticiens hospitaliers et non hospitaliers. Il assure également des missions d'enseignement initial vis-à-vis des professionnels de santé.

CONTACT

Vincent CRENN
vincent.crenn@univ-nantes.fr

Nantes Université est un établissement public d'enseignement supérieur et de recherche qui propose un modèle d'université inédit en France unissant une université, un hôpital universitaire (CHU de Nantes), un institut de recherche technologique (IRT Jules Verne), un organisme national de recherche (Inserm) et des grandes écoles (Centrale Nantes, École des Beaux-Arts Nantes Saint-Nazaire, École Nationale Supérieure d'Architecture de Nantes).





CONTACT

Pour toutes questions, conseils ou demandes de mises en relations ou pour collaborer avec Nantes Université, contactez :

L' ESPACE ENTREPRISES
espace.entreprises@univ-nantes.fr
Tél. : 02 72 64 88 88

Magazine réalisé par :
la direction de
la communication
de Nantes Université

**Coordination éditoriale
et artistique :**
Christelle Bervas

Rédaction :
Xavier Debontride,
journaliste, Média Autrement
Production avec Christelle
Bervas, Jean-Marie Carrée,
Alexandre Ripoché

Remerciements à :
Frédéric Jacquemin,
Christophe Binetruy,
Maël Péron, Yannick Amossé,
Nihad Siddig, Steven Le
Corre, Julie Vaudour,
Thierry Brousse, Francky
Trichet, Benoît Furet,
Pierre Weiss, Sébastien Leroy,
Cyril Kouzoubachian, Pascal
Casari et la Direction de
la recherche, des partenariats
et de l'innovation
(DRPI) de Nantes Université
pour leurs contributions.

Maquette :
superbold.fr

Illustration :
Emilie Ragouet

Photos :
David Galard - Chama
Chereau - Clack / Nantes
Université

Site internet :
www.univ-nantes.fr

Impression :
Imprimerie Allais - encres
végétales - papier Recytaal
offset white : fabrication
française à base
de fibre 100% recyclée
conformément
à des critères de respect
absolu de l'environnement