



Cher partenaire, cher lecteur,

Produire et utiliser plus efficacement l'énergie en limitant les nuisances, notamment celle issue des ressources fossiles, reste une préoccupation majeure des filières industrielles, comme l'attestent les agendas stratégiques de recherche et d'innovation. La force de ces enjeux, associée au poids des industries concernées (automobile, aéronautique, énergies) dans l'économie française en font un terrain de recherche essentiel pour les entreprises.

Caractériser, diagnostiquer, tester, analyser, solutionner et innover sont notre métier.

Les préoccupations des industriels sont, elles, au cœur de notre stratégie. Pleinement engagé dans la nouvelle phase du dispositif Carnot, la troisième, notre institut déploie activement sa « Feuille de route 2021 ». Celle-ci est très largement axée sur l'amélioration continue de la performance et la qualité de la recherche partenariale, académique et technologique, à finalité industrielle, que nous menons avec les entreprises. Pour cela, nous nous appuyons sur notre réseau et nos partenaires (iCarnot, pôles de compétitivité, clusters, etc.) avec un objectif : accélérer l'innovation par une offre R&D accessible aux entreprises, notamment PME et ETI des secteurs industriels à fort potentiel de croissance. Bonne découverte de ce nouveau numéro.

**Frédéric Dionnet,**  
président de l'institut Carnot ESP

## AU SOMMAIRE

### (L'ÉVÉNEMENT)

Carnot ESP et la filière aéronautique

### (QUESTIONS À)

Nelson de Oliveira, directeur de Carnot ESP

### (WORK IN PROGRESS)

Gestion de l'énergie à bord / ConduLight

### (EN PRISE SUR L'ÉCONOMIE)

Le véhicule autonome entre en piste

### (PARTENARIAT GAGNANT)

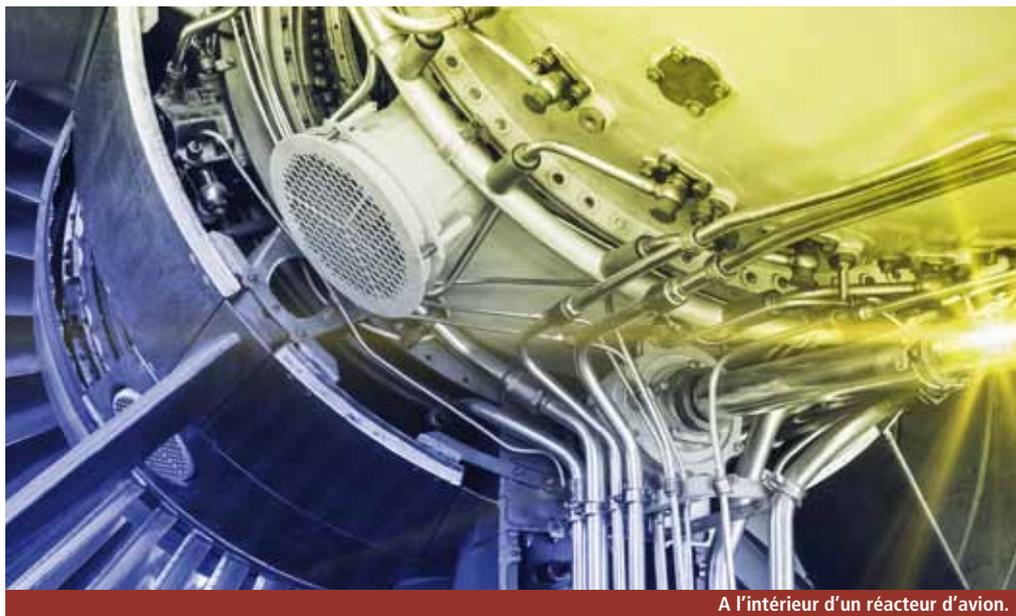
Safran confirme YALES2

### (AGENDA)

## (L'ÉVÉNEMENT)

# CARNOT ESP EN APPUI DE LA FILIÈRE AÉRONAUTIQUE

*L'institut Carnot ESP confirme son ambition d'accélérer la R&D en énergie et systèmes de propulsion des industriels de l'aéronautique.*



A l'intérieur d'un réacteur d'avion.

© Fotolia

Sous l'impulsion de l'État soucieux de faciliter aux entreprises l'accès à la recherche académique, le réseau des instituts Carnot s'est structuré en filières de demande économique : construction, automobile, chimie et matériaux ou TIC, elles sont aujourd'hui au nombre de huit, chacune associant plusieurs instituts. Carnot ESP est partie prenante de deux filières, Carnauto et AirCar\*, la première destinée aux entreprises des secteurs automobile et mobilité, la seconde à celles de l'aéronautique. Cette organisation doit permettre de démultiplier l'innovation au service des entreprises, en particulier les PME et ETI, dans ces secteurs industriels à fort potentiel de croissance.

### UN GUICHET UNIQUE POUR L'INNOVATION EN AÉRONAUTIQUE

Pour AirCar, l'ambition est d'apporter une solution simple et efficace aux industriels par la mise en place un point de contact unique pour innover. Carnot ESP souhaite ainsi lever les freins de la recherche pour les TPE, PME et ETI par la construction d'une offre de compétences et d'équipements (moyens d'essais, expertise) couvrant l'ensemble des besoins techniques et scientifiques de la filière aéronautique. Cette approche est déclinée opérationnellement par un maillage géographique des bassins d'emplois, avec en outre la présence de chargés d'affaires qui sont à l'écoute des besoins des industriels afin de mobiliser les moyens nécessaires à la construction d'une réponse.

\* Le consortium AirCar est composé des instituts Carnot ARTS, LETI, Cetim, ESP, Ifpen TE, Ingénierie@Lyon, M.I.N.E.S., MICA et de l'Onera, auxquels sont associés différents acteurs de la filière aéronautiques comme les pôles de compétitivité et clusters.

Booster la compétitivité des entreprises est donc la finalité de cette nouvelle organisation. Et c'est dans cette optique que l'institut Carnot ESP a signé, au premier semestre 2017, un accord de partenariat avec le cluster Normandie AeroEspace (NAE) chargé de promouvoir la filière aéronautique et spatiale de la région.

### CARNOT ESP TÊTE DE PONT EN RÉGION

Cet accord est un outil de soutien à cette filière aéronautique normande dont l'excellence est reconnue. Il vise à appuyer les industriels en matière de recherche, de technologie et d'innovation sur leurs thématiques spécifiques : gestion du cycle (combustion...), intégration moteur-nacelle, nouvelles technologies de turbomachines, carburants, bancs d'essais et instrumentation pour le moteur, source énergétique (pile à combustible / batteries pour l'avion plus électrique...). Concrètement, l'accord facilitera l'accès des industriels, prioritairement les PME/ETI, au savoir-faire, à l'expertise et aux équipements du Carnot ESP. En outre, des animations territoriales sur l'orientation technologique « énergie - optimisation et nouvelles technologies de propulsion » sont prévues. Le Coria, laboratoire du Carnot ESP (technopôle du Madrillet, Saint-Étienne-du-Rouvray, près de Rouen) a d'ailleurs accueilli un comité Recherche Technologie Innovation en mai dernier. L'occasion pour les participants et membres de NAE de découvrir, le temps d'une visite et d'échanges avec des experts de leur secteur, l'étendue des compétences et moyens qui peuvent leur être rendus accessibles.

## NELSON DE OLIVEIRA

En juillet 2016, Carnot ESP a vu son agrément renouvelé tandis que le dispositif national des instituts Carnot se trouvait pérennisé. Une nouvelle ère s'est ouverte pour l'association normande qui cible désormais davantage les PME-PMI, a embauché pour cela un chargé d'affaires et multiplie les partenariats avec les acteurs du développement économique.

### Comment Carnot ESP aborde-t-il cette nouvelle période ?

Avec une volonté de développement et des objectifs précis en termes de relations avec les industriels. Nous avons analysé quels besoins nous pouvions satisfaire et où étaient les manques. C'est ainsi que la décision a été prise d'associer deux nouveaux laboratoires caennais spécialisés dans l'étude chimique des matériaux, le Crimat (Cristallographie et sciences des matériaux) et le LCS (Laboratoire catalyse et spectrochimie). Ils nous apportent cette dimension chimie qui nous manquait jusque-là. Les énergies et la dépollution étant deux axes forts du Carnot ESP, c'est la perspective d'offrir des solutions plus globales à nos partenaires industriels qui en sont demandeurs. Et cela conforte notre position de leader de la recherche en France sur les thématiques de l'analyse ou de la production des matériaux pour l'énergie et les transports.

Autre évolution importante qui vient soutenir notre action : Normandie Université, qui fédère les établissements d'enseignement supérieur de la région, est entrée dans le conseil d'administration du Carnot ESP. Cela fait de nous le

bras armé des relations avec le monde industriel pour Normandie Université et la recherche académique régionale.

### Votre action en direction des entreprises évolue-t-elle ?

Oui : nous renforçons notre offre. Celle-ci était essentiellement déclinée sous forme de savoir-faire, désormais nous essayons de promouvoir les équipements d'excellence dont nous pouvons faire bénéficier les industriels, comme les plateformes technologiques. Nous visons en particulier les PME-PMI. Dans cette nouvelle période pour Carnot, nous souhaitons en effet aller davantage vers les entreprises de taille modeste, qui ne se tournent pas spontanément vers la recherche. Cela demande d'être à l'écoute de leurs besoins, de les traduire en offre de prestations de recherche, de suivre la relation avec chaque industriel dans le temps. C'est ce à quoi s'emploie le chargé d'affaires qui nous a rejoints, Youns Ait-Aouaj.

### Cette orientation de marketing stratégique est-elle nouvelle ?

Oui et non. Carnot ESP, à côté de ses laboratoires académiques, compte aussi

deux centres de recherche technologique, le Certam et le Cevaa, qui ont de longue date des pratiques commerciales et de marketing. La cellule Carnot vient en renfort de ces démarches, pour les coordonner et permettre d'utiliser à bon escient les ressources existantes.

Dans le même esprit, nous nous adossons à des actions Carnot nationales de filières [voir en page 1], tandis qu'au niveau régional nous renforçons notre connexion avec Normandie AeroEspace et envisageons de nous rapprocher d'Énergies Normandie, deux clusters dédiés à nos spécialités, l'aéronautique et les énergies. Nous nous sommes également rapprochés de Normandie Valorisation, structure de transfert de technologie. Elle détecte les projets des laboratoires académiques pouvant intéresser l'industrie afin d'amener des retombées sous forme de brevets ou licences pour les établissements. Complémentaire de notre action, Normandie Valorisation est désormais membre de notre comité d'orientation scientifique et technique. Avec tous ces nouveaux partenariats, nous poursuivons un même objectif : rendre visible l'offre du Carnot ESP, notamment envers les PME-PMI.



© Institut Carnot ESP

Issu du monde de l'industrie automobile où il a tenu plusieurs postes en R&D et Innovation, Nelson de Oliveira a rejoint l'institut Carnot ESP en 2013 en tant que chargé de mission. Nommé directeur délégué de l'institut en 2016, cet ingénieur de formation a pour mission principale de développer l'activité de recherche partenariale.

## ( WORK IN PROGRESS )

### GESTION DE L'ÉNERGIE À BORD : DE L'AUTOMOBILE À L'AÉRONAUTIQUE

Grâce au laboratoire Irseem de l'Esigelec, Carnot ESP contribue à des programmes portant sur la mobilité. Outre le véhicule autonome et la conception de ses systèmes embarqués, une autre thématique fait l'objet de recherches actives : la gestion de l'énergie à bord. Sur les véhicules électriques ou hybrides, bardés de capteurs et d'électronique, alimentés par des batteries mais aussi équipés de cellules photovoltaïques, gérer en temps réel les flux de puissance entre les différentes sources de production d'énergie et les éléments consommateurs comme les moteurs est crucial pour optimiser la consommation d'énergie. L'enjeu est de s'inscrire dans une démarche de développement durable en ayant la meilleure empreinte énergétique possible, tout en cherchant à prolonger la durée de vie des différents éléments via une sollicitation appropriée.

Mais les verrous scientifiques et technologiques à lever restent encore nombreux : accroissement de la performance des systèmes de stockage électrique, augmentation du rendement des

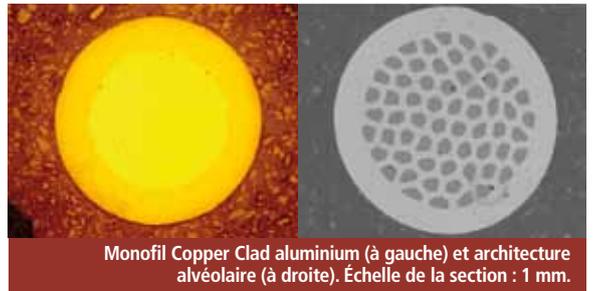
composants de la chaîne énergétique, traitement de données en grandes quantités, etc. Au-delà de l'automobile, ces recherches menées dans le cadre de Carnot ESP pourront trouver des débouchés dans d'autres domaines comme les villes intelligentes mais aussi et surtout l'aéronautique où la gestion de l'énergie fait partie des préoccupations des industriels.

### LE PLAN CÂBLE DE CONDULIGHT

Comme beaucoup d'autres matières premières, le cuivre voit son prix augmenter régulièrement. Les industriels du câble cherchent donc des solutions alternatives afin de maîtriser les coûts de fabrication. Il en existe une : le Copper Clad Aluminium (CCA) ou aluminium cuivré.

Un fil de CCA comporte une âme en aluminium entourée d'une gaine de cuivre. Si le principe semble simple, sa mise en œuvre pose encore de nombreux problèmes. Le projet Condulight, mené par deux laboratoires Carnot, le Crimat à Caen et le GPM à Saint-Étienne-du-Rouvray, s'est

donné pour objectif d'explorer une piste récente et novatrice. Il s'agit de donner aux fils une structure alvéolaire permettant le passage de signaux basse fréquence. À partir d'un composite cuivre/aluminium déjà commercialisé, les chercheurs travaillent sur trois aspects complémentaires : le développement et l'optimisation du procédé de fabrication, l'optimisation des propriétés



Monofil Copper Clad aluminium (à gauche) et architecture alvéolaire (à droite). Échelle de la section : 1 mm.

électriques et mécaniques par la maîtrise des intermétalliques présents aux interfaces, et l'impact de la miniaturisation. Outre son intérêt économique, le câble CCA a aussi l'avantage d'être plus léger, autre atout important pour la construction automobile, l'aéronautique et le transport de l'énergie.

# LE VÉHICULE AUTONOME ENTRE EN PISTE AU TECHNOPÔLE DU MADRILLET

Dernière le projet Rouen Normandy Autonomous Lab, entré en phase d'essais sur le terrain, on trouve la contribution d'un laboratoire Carnot ESP spécialisé dans les recherches autour du véhicule autonome.



Automatisation d'un véhicule pour le développement de nouvelles technologies de capteurs et systèmes de perception.

En cette fin d'année, on peut voir circuler une voiture pas comme les autres sur le technopôle du Madrillet et aux alentours : une Renault Zoé dont les flancs portent l'inscription « véhicule électrique autonome ». Avec elle, c'est le projet Rouen Normandy Autonomous Lab qui est entré en phase de tests sur le terrain. Il vise à mettre au point un service de transport à la demande avec des véhicules autonomes électriques. Un partenariat public-privé comprenant d'un côté Renault et le groupe Transdev (association de Veolia et de la Caisse des dépôts), de l'autre l'État, la Région Normandie et la Métropole Rouen Normandie, a permis à cette expérience pionnière - une première européenne - de voir le jour. L'étape de validation des tests techniques actuellement en cours au Madrillet se déroule jusqu'à fin 2017 avant une mise en service pour le public prévue au printemps prochain. La petite Zoé pourra alors embarquer des passagers, après réservation via une application sur smartphone. À partir du terminus du métro, elle desservira dix-sept

points d'arrêt sur trois parcours différents de dix kilomètres au total. Avec un humain derrière le volant pour surveiller son comportement, tout de même.

## CARNOT ESP APORTE SES BRIQUES

Bien en amont de l'expérimentation de cette voiture sans conducteur, l'institut Carnot ESP a apporté quelques briques technologiques indispensables au fonctionnement d'un tel véhicule, grâce au travail des chercheurs de l'Irseem (Institut de recherche en systèmes électroniques embarqués).

Le laboratoire de l'Esigelec labellisé Carnot planche en effet depuis de nombreuses années sur le développement des capteurs pour les véhicules autonomes. Son travail a notamment permis de réaliser le robot Vikings destiné à effectuer des opérations de maintenance sur les plateformes pétrolières offshore. Son équipe conceptrice a participé au challenge Argos de Total où elle est arrivée deuxième (voir ci-contre). La technologie des capteurs qui permettent à Vikings de se mouvoir et d'agir dans un environnement complexe a été élaborée grâce à la plateformes technologiques « Véhicules hybrides et électriques » et « LNA » de l'Irseem dédiées à la navigation autonome et aux systèmes d'aide à la conduite. Carnot ESP Infos avait évoqué, dès son premier numéro de décembre 2014, cet ensemble d'équipements qui permet de simuler des conditions routières en laboratoire.

Et si Zoé ne ressemble pas du tout à Vikings, la mise au point de ses technologies à bord, côté logiciels comme côté matériels, a bel et bien reposé sur des méthodologies similaires.

**VERS UN CLUSTER NORMAND** Pour arriver à la phase opérationnelle du projet Rouen Normandy Autonomous Lab, il aura donc fallu, à la base, un peu de la science des équipes du Carnot ESP et leur aptitude à répondre aux attentes des industriels de l'automobile et de la mobilité en matière de recherche. Des attentes très fortes : le véhicule

autonome, qui plus est électrique, représente un sujet d'avenir, personne n'en doute. La métropole rouennaise et la Région Normandie s'en montrent tout autant convaincues et voient l'opération « Autonomous Lab » comme « le premier acte de la constitution d'un cluster " véhicule autonome " en Normandie » destiné à soutenir tout l'écosystème de recherche publique et d'entreprises qui se consacre à ce thème dans la région. Le laboratoire de l'Esigelec, soutenu activement par le Carnot ESP, en fait naturellement partie.

## VIKINGS OUVRE DES PERSPECTIVES



L'équipe des Vikings, association de l'Irseem et de la PME normande Sominex (pour la conception mécanique), s'est particulièrement distinguée par sa première place à la deuxième manche du Challenge Argos lancé par Total (voir Carnot ESP Infos n° 3). Après trois années de développement scientifique, technique et méthodologique, elle a décroché la deuxième place au classement final en 2017. Ce résultat confirme l'équipe du Carnot ESP comme acteur français de premier plan dans le domaine de la robotique mobile et des véhicules autonomes.

## REPÈRES

- 11 **MILLIONS D'EUROS** Montant de l'investissement de Rouen Normandy Autonomous Lab
- 2 **ANS** Durée prévue pour l'expérience
- 4 **Nombre de Renault Zoé autonomes** mises en circulation au Madrillet

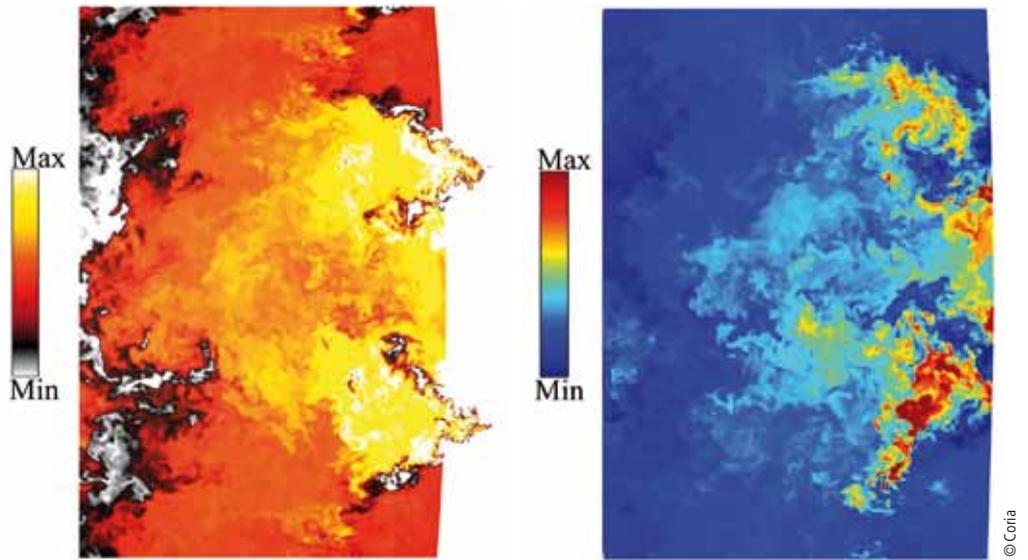
# SAFRAN CONFIRME YALES2

Où l'on reparle de YALES2 et de la simulation numérique en mécanique des fluides. Le programme mis au point par un laboratoire Carnot a séduit le groupe Safran.

YALES2 est un outil de simulation numérique en mécanique des fluides (CFD) développé à l'initiative du Coria, l'une des composantes majeures de l'institut Carnot ESP, où deux chercheurs du CNRS, Vincent Moureau et Ghislain Lartigue, ont lancé le projet en 2009. Ce logiciel permet de réaliser des études aux grandes échelles en matière de combustion (mais aussi dans d'autres domaines, comme nous l'évoquons dans Carnot ESP Infos n° 1). Il produit des modélisations pertinentes des écoulements fluides réactifs et diphasiques rencontrés dans la plupart des brûleurs. YALES2 ouvre la voie à une compréhension toujours plus précise de ces phénomènes physiques complexes. En d'autres termes, c'est un outil performant d'un grand intérêt stratégique pour la conception des moteurs de nouvelle génération, domaine où la simulation est devenue incontournable. Stratégique, mais aussi économique : la CFD est une alternative aux tests physiques qui permet de diminuer de façon considérable les coûts de développement.

## GOURMAND MAÎTRÈS PERFORMANT

YALES2 repose sur le calcul massivement parallèle. Or, développer des algorithmes pour la modélisation et le traitement des simulations de grande échelle est naturellement très gourmand en puissance de calcul. Le code mis au point sous l'égide du laboratoire de Carnot ESP tourne donc grâce aux supercalculateurs français et même européens. Ses performances, notamment pour



Un exemple d'étude réalisée grâce à YALES2 : champ de température et de fraction d'oxydes d'azote issus d'une simulation aux grandes échelles très résolue d'une chambre de combustion d'hélicoptère de nouvelle génération à faibles émissions.

les écoulements à faible nombre de Mach rencontrés dans les brûleurs, ont suscité l'intérêt de la communauté française de combustion. Avec l'appui de l'Institut des sciences de l'ingénierie et des systèmes du CNRS, un groupement d'intérêt scientifique nommé Success, constitué de huit laboratoires et coordonné par le Coria, s'est mis en place en 2011 afin de promouvoir le super-calcul pour la simulation des fluides complexes et diffuser notamment le code YALES2. Soutenu par le monde de la recherche universitaire, YALES2 n'a pas manqué de se faire remarquer auprès des industriels. En 2011, le groupe Safran a signé un premier contrat d'industrialisation de cinq

ans avec le GIS Success afin d'adapter l'outil à la simulation haute fidélité des chambres de combustion aéronautiques.

## SAFRAN RENOUVELLE SA CONFIANCE

Après cette première phase d'industrialisation réussie, un nouveau partenariat appelé YALES2-AE (pour Aircraft-Engines) a été mis en place entre le Coria, le Cerfacs et le groupe Safran. Le Cerfacs, centre de recherche en modélisation numérique basé à Toulouse, apporte dans ce projet son expertise acquise lors de l'industrialisation du code AVBP, autre outil de calcul massivement parallèle développé avec l'IFP Énergies Nouvelles. Cette participation du Cerfacs assure également

une convergence des pratiques de modélisation des divers outils de simulation avancée.

L'objectif de ce nouveau contrat d'industrialisation avec Safran est d'étendre le périmètre d'utilisation de YALES2, notamment pour la modélisation du spray de kérosène liquide, bref d'étudier l'injection dans les moteurs aéronautiques. Ce contrat marque également la pérennisation des liens entre les partenaires et de la démarche engagée : faciliter le transfert des modèles et des méthodes numériques du monde académique vers l'industrie.

Pour aller plus loin :  
[www.coria-cfd.fr](http://www.coria-cfd.fr)  
<http://success.coria-cfd.fr>  
[www.cerfacs.fr/avbp7x](http://www.cerfacs.fr/avbp7x)

## ( AGENDA )

### NOUS Y ÉTIONS

**Automotive Connection,**  
les rencontres d'affaires Innovation de l'Automobile / Rouen, 31 janvier - 1<sup>er</sup> février 2017  
Carnot ESP partenaire de l'événement, espace showroom Carnauto

**Imagine Mobility Forum (Moveo) /**  
Paris-Saclay, 1<sup>er</sup> juin 2017

**Salon international de l'aéronautique et de l'espace /** Paris-Le Bourget, 19-25 juin 2017, filière AirCar  
La solution Fiabilité portée par le Cevaa

mise en avant au sein de la délégation normande emmenée par NAE

**ASD Days /** Paris Orly, 11-12 octobre 2017, filière AirCar

### NOUS Y SERONS

**Les Rendez-vous Carnot 2017**  
auront lieu les 18 et 19 octobre à Paris. La R&D est enfin accessible à toutes les entreprises !  
Stand ESP et espace Carnauto avec des démonstrateurs et visites virtuelles de plateformes technologiques

### SAVE THE DATE !

**Horizon 2020 Infoday & Ateliers**  
(Transports, Sécurité, Énergie, NMP & Espace) / 19 octobre, 11 h 30 / 18 h 30, Colombelles (14)

**17/20 Carnauto,** événement dédié aux PME de la filière automobile et de la mobilité. Électrification véhicule / 9 novembre, Étupes (25). Allègement des véhicules / 14 novembre, Angers (49)

**Pépites RTI de Normandie AeroEspace,** 3<sup>e</sup> édition / 16 novembre à l'Insa de Rouen Normandie

## CARNOT ESP infos

Lettre d'information de l'institut Carnot ESP Technopôle du Madrillet  
BP 12 - 76801 Saint-Étienne-du-Rouvray Cedex  
Rédacteur en chef : **Nelson de Oliveira**, directeur délégué de l'institut Carnot ESP, tél. 02 32 95 36 14, mobile : 06 70 47 89 02  
Directeur de la publication : **Frédéric Dionnet**, président de l'institut Carnot ESP  
Rédaction et conception graphique :  
**Luc Duthil**, tél. 02 35 70 03 60  
Impression : **Copie Plus**

Merci à tous les personnels de l'institut qui ont contribué à ce numéro