

EDITO

À mi-parcours de notre labellisation Carnot 4, l'année 2021 a marqué une transition importante au sein de notre Institut tant sur le plan de notre équipe de direction que sur les programmes de collaboration jusque-là engagés.

Un renouvellement des membres de l'équipe s'est effectué avec les départs d'Elisabeth Brochier et d'Emmanuel Damery. En avril, le décès brutal de Michel Pons, Directeur adjoint en charge de la filière EnergICs a douloureusement affecté notre équipe. Nous les remercions pour leur contribution et leur dynamisme au sein de notre institut. Nous savons combien leur mobilisation a été importante au cours des 10 dernières années. C'est avec plaisir que nous avons accueilli Nathalie Colombel, et Sébastien Hentz, puis début 2022 Eloïse Huissoud-Germain. Bienvenue à tous les trois au sein de notre équipe.

Par ailleurs, se sont terminés au cours de cette année, les programmes « filières » pour lesquels notre Institut coordonnait le programme EnergICs et participait aux programmes Carnauto et Industries Mécaniques et Procédés (IMP). Riches de l'héritage de ces programmes de collaborations entre Instituts Carnot, nous avons poursuivi les dynamiques engagées en portant la création de l'Alliance « Energies à Faible Impact Carbone » et en participant aux Alliances « Economie Bleue » et « Mobilités ».

Nous avons poursuivi notre implication au sein du Comité Stratégique de Filière « Nouveaux Systèmes Energétiques » notamment grâce à l'action de Florence Lefebvre-Joud qui

a repris le pilotage du groupe de travail « Recherche » à la suite de Michel Pons. Avec ce partenaire et l'association PEXE, les Carnot pour les Énergies à Faible Impact Carbone co-organisent et contribuent à l'essor des Rencontres Ecotech® Energie – rendez-vous national annuel des acteurs de l'innovation et de la R&D dans l'énergie.

La vitalité de l'écosystème d'innovation grenoblois, reflétée lors de la journée annuelle « Carnot Energies day », s'est confirmée, à de nombreuses reprises cette année, avec la création de GENVIA, l'évolution remarquable de Symbio, le lancement de la nouvelle start-up APHELIO, la création de nouvelles chaires industrielles avec ENEDIS ou General Electric Hydro. Un laboratoire commun entre SIMAP et Constellium a été signé et d'autres sont en cours de négociation. Autant de faits marquants auxquels notre Carnot a contribué et qui annoncent de belles perspectives industrielles et de nouvelles collaborations avec nos équipes.

Les défis de l'énergie à faible impact carbone sont nombreux et l'actualité ne fait que nous rappeler combien nos sociétés et nos modes de vie dépendent de cette ressource. En appui aux forces scientifiques du site grenoblois, nous poursuivons nos actions pour renforcer le lien indispensable à l'innovation et la compétitivité entre les mondes de la recherche et de l'industrie.

Christian Schaeffer

Directeur

Sébastien Hentz

Directeur Adjoint

SOMMAIRE

01

CARNOT, LA FORCE D'UN RÉSEAU

p. 04

02

CARNOT ENERGIES DU FUTUR, PORTRAIT

p. 08

03

RETOUR SUR 2021

p. 20

04

NOTRE ÉCOSYSTÈME

p. 36

CARNOT, LA FORCE D'UN RÉSEAU

LE LABEL CARNOT

Créé en 2006 le label Carnot a vocation à développer la recherche partenariale, c'est-à-dire la conduite de travaux de recherche menés par des laboratoires publics en partenariat avec des acteurs socio-économiques, principalement des entreprises (de la PME aux grands groupes), en réponse à leurs besoins.

Il est attribué par le Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche à la suite d'une évaluation quadri annuelle.

Fédéré par l'association des instituts Carnot, le réseau des Carnot structure l'offre de compétences et de plateformes technologiques par secteur d'activité économique.



La recherche
pour l'innovation
des entreprises

La mission des Carnot
est de préparer l'avenir
industriel et économique
en accompagnant
toutes les entreprises
dans leurs stratégies
d'innovation et de
transformation

Le label Carnot, un label d'excellence qui répond à un niveau d'exigence élevé selon les critères suivants :

- Un volume important de **contrats de R&D avec les entreprises**
- Une activité de recherche amont soutenue pour **conserver une avance scientifique et technologique**
- Une stratégie de recherche établie pour **anticiper les réponses aux défis et enjeux sociétaux à venir**
- Une **cohérence thématique forte**, correspondant à des marchés bien identifiés
- **Une haute qualité de la relation partenariale avec les entreprises** évaluée par des enquêtes clients
- **Une gouvernance forte** avec un engagement des tutelles et une direction au meilleur niveau
- **Une bonne visibilité auprès des entreprises** appréciée par des enquêtes de notoriété

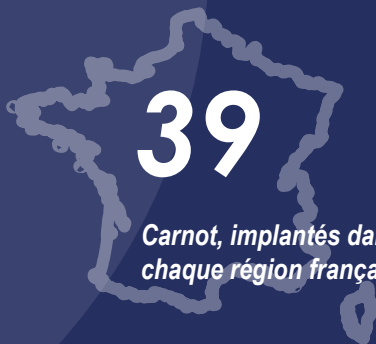


LES CHIFFRES CLÉS 2021 DU RÉSEAU



35 000

professionnels de
la recherche en ETP



20%

des effectifs
de la recherche
publique

55%

de la R&D financée
par les entreprises
à la recherche
publique est confiée
au réseau Carnot

soit **9 600**
contrats de recherche
par an dont 4 200 avec
des PME-ETI

Recettes directes avec partenaires

Expertises et prestations
de services pour les entreprises

145 M€

Autres partenaires

87 M€

PI avec les entreprises

66 M€

507 M€

R&D pour les entreprises



reseau_carnot



le_reseau_des_carnot



www.institut-carnot.eu

15 ANS D' ACTIONS AU PROFIT DE LA RECHERCHE ET DE L' INNOVATION DES ENTREPRISES

« En quinze ans, les Carnot se sont imposés parmi les acteurs mondiaux de la R&D pour l'innovation des entreprises et réalisent 55 % des contrats confiés par les entreprises à la recherche publique française. Notre chiffre d'affaires de recherche pour les entreprises a été multiplié par 3 depuis 2006 et nous avons l'ambition de le doubler pour atteindre 1 Md€ à l'horizon 2030 », précise **Philippe Véron, Président de l'Association des instituts Carnot.**

Collectivement, les Carnot se sont organisés pour s'adapter aux exigences et aux contraintes des entreprises, avec notamment la mise en place d'alliances Carnot pour chaque filière économique. Au fil des années, ils ont su anticiper et développer les nouvelles compétences nécessaires pour répondre aux évolutions des besoins des entreprises et de leurs marchés.



En 2021, le réseau des Carnot a fêté ses 15 ans notamment avec l'organisation d'un showroom de démonstrateurs à Cap'CARNOT puis aux Rendez-vous Carnot soit près d'une soixantaine d'objets, prototypes illustrant l'offre R&D Carnot dans les secteurs Santé, Numérique, Manufacturing, Transports, Environnement, Energies, Agri-Agro, Mode & Luxe.

« À travers nos actions de communication spéciales 15 ans, nous avons proposé un voyage rétrospectif de nos actions R&D dans l'univers foisonnant de notre réseau et de nos entreprises partenaires, avec comme objectif constant : accroître notre visibilité et notre notoriété ! » Diane Vinet, Directrice communication de l'AiCarnot.

L'ÉQUIPE CARNOT



CHRISTIAN SCHAEFFER

Directeur

SÉBASTIEN HENTZ

Directeur adjoint

NATHALIE COLOMBEL

Directrice opérationnelle

DANIEL BELLET

Co-directeur scientifique

JEAN-PIERRE SIMONATO

Co-directeur scientifique

FLORENCE LEFEBVRE-JOUD

Pilote groupe recherche CSF NSE

LUCIE TATIN

*Responsable administrative
et financière*

STÉPHANE FIORILLO

Ingénieur d'affaires

SABRINA RIGAUD

Responsable communication

ELOÏSE HUISSOUD-GERMAIN

*Chargée de valorisation
et marketing de l'offre*



Retrouvez-nous sur
notre profil LinkedIn

CARNOT ENERGIES DU FUTUR, PORTRAIT

AU CŒUR DE LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE



Le Carnot Energies du Futur réunit le CEA-Liten et dix laboratoires académiques pour proposer une offre de R&D et d'innovation centrée sur le développement de nouveaux systèmes énergétiques à faible empreinte carbone, offre élargie sur l'échelle de maturité technologique (TRL) grâce à la complémentarité de nos équipes.



1 850

professionnels de
la recherche (ETP)



dont **750**
doctorants et
post-doctorants

LES ACTIVITÉS DE RECHERCHE D'ÉNERGIES DU FUTUR

Les activités de recherche du Carnot Energies du Futur couvrent l'ensemble de la chaîne de la valeur des nouveaux systèmes énergétiques. Elles sont réparties selon cinq axes thématiques.



ANCRÉ DANS UN ÉCOSYSTÈME LOCAL D'INNOVATION INTERNATIONALEMENT RECONNU

Les laboratoires qui composent le Carnot Energies du Futur sont tous situés dans le territoire d'innovation grenoblois (jusqu'à Chambéry).

Depuis plus d'un siècle, ce territoire est un terrain fécond pour la recherche fondamentale, mais aussi la recherche appliquée et la valorisation technologique et industrielle.

Nos équipes sont les héritières de cette tradition et s'emploient à développer leurs collaborations avec les industriels et à répondre à leurs besoins spécifiques.



40 M€

de chiffre d'affaires pour des contrats de recherche partenariale avec les entreprises

20%

du chiffre d'affaire réalisé à l'international

AU SERVICE DES ENTREPRISES

En 2022 le Carnot Energies du Futur fêtera ses 15 ans. 15 années de R&D en partenariat avec les entreprises !

C'est la politique volontariste en matière de recherche partenariale au profit des entreprises et la qualité de ses recherches que la labellisation Carnot vient souligner.

Nos équipes sont mobilisées pour, qu'avec nos partenaires industriels, nous puissions apporter les solutions technologiques performantes et compétitives qui contribueront à l'ambition européenne d'atteindre la neutralité carbone en 2050.

FOCUS NORA DEMPSEY



Nora Dempsey physicienne à l'Institut Néel-CNRS lauréate de la prestigieuse médaille de l'innovation

« Il y a une profonde motivation à voir valoriser les résultats de mes recherches »

Recrutée en 2001 au CNRS, elle s'est fait un nom en développant des procédés de synthèse de micro-aimants haute performance, dont elle contrôle la structure magnétique à différentes échelles.

Ce savoir-faire, la physicienne l'exploite dans des collaborations avec des industriels, tel Toyota, où ses réalisations servent de systèmes modèles pour améliorer les performances d'aimants utilisés pour la motorisation de véhicules hybrides.

À travers ses collaborations, Nora Dempsey a également participé à la naissance de la start-up Magia Diagnostic qui utilise des micro-aimants pour capturer des molécules dans des applications de diagnostic médical.

Par ailleurs, le dispositif qu'elle a développé pour caractériser des couches magnétiques sur des sortes de plaques appelées wafers* a trouvé une application auprès de l'entreprise Hprobe, spécialisée dans les tests de composants spintroniques.

Actuellement, Nora Dempsey mène le projet de maturation MicroMagFab dédié à l'intégration de micro-aimants dans des microsystèmes de type moteur, actionneur ou récupérateur d'énergie.

** Un wafer est une plaque très fine de matériau semi-conducteur utilisée pour fabriquer des composants de microélectronique.*

16 PLATEFORMES TECHNOLOGIQUES DE POINTE



Batteries



Caractérisation
structurale
et fonctionnelle
des matériaux



Chimie Verte et
Procédés pour
l'Environnement



Électronique
Structurale



GPE - Génie
des procédés
d'élaboration



Hydroélectricité et
énergies marines
renouvelables



Modélisation
et Intégration
pour la Mobilité



Nano-
caractérisation



Nanosécurité



Production
Hydrogène
et Stockage



Smart Grid
Multi-Énergies



Smart grids



Pour consulter
nos plateformes



Conversion
du Carbone



Métallurgie des
Poudres, Plasturgie
et Assemblage



Piles à
Combustible



Solaire
Photovoltaïque

#ÉQUIPECARNOT

OÙ TROUVEZ-VOUS
VOTRE **ÉNERGIE** ?



**CHRISTIAN
SCHAEFFER**
Directeur

« Grâce à notre action
en faveur de la
réindustrialisation de la
France et de son objectif
de neutralité carbone. »



**SÉBASTIEN
HENTZ**
Directeur adjoint

« Dans un écosystème
d'innovation de pointe,
au cœur des Alpes
françaises, qui rassemble
des acteurs institutionnels,
de l'éducation, de la
recherche et de l'industrie. »



2 000

brevets prioritaires
en portefeuille

200

brevets déposés
en 2021

RÉPARTITION
CLIENTS
INDUSTRIELS

62%

Grandes entreprises

9%

ETI

29%

PME/TPE

RECONNU POUR SON EXCELLENCE SCIENTIFIQUE



830

publications de rang A

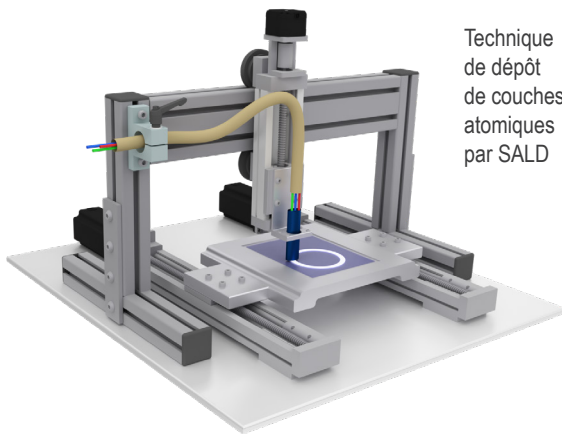
Grace à la complémentarité des équipes académiques et de CEA-Liten, le Carnot Energies du Futur peut à la fois compter un nombre important de publications de rang A ainsi qu'un nombre important de dépôts de brevets. Une combinaison qui permet de préparer le futur des nouveaux systèmes énergétiques à faible empreinte carbone tout en garantissant une liberté d'exploitation commerciale par nos industriels partenaires des innovations que nous développons à leurs côtés.

UN SCIENTIFIQUE DU CARNOT ENERGIES DU FUTUR REJOINT LE CLUB « HIGHLY CITED RESEARCHERS » HCRs

Natalio Mingo est le premier chercheur du CEA-Liten à se voir décerner le titre d'HCR (Highly Cited Researcher), par Clarivate Analytics, club très fermé des chercheurs (1 scientifique sur 1000 dans le monde).

Ses publications, relatives aux calculs théoriques sur la conductivité thermique ou à l'approche haut-débit pour du calcul prédictif de propriétés de nouveaux matériaux, font partie des 1% des publications les plus citées par ses pairs. Cette distinction apporte une très grande visibilité au CEA-Liten et ses travaux sur les matériaux pour l'énergie.

Technique
de dépôt
de couches
atomiques
par SALD



LE DÉPÔT DE COUCHES ATOMIQUES RÉINVENTÉ PART LE LMGP

La technique de dépôt de couches atomiques par SALD utilisée notamment pour les énergies renouvelables, a été remise au goût du jour par une équipe de chercheurs du LMGP grâce à l'impression 3D.

Cette technique très utilisée dans la fabrication de dispositifs à semi-conducteurs met en œuvre deux produits chimiques appelés précurseurs (ou «réactifs»), lesquels réagissent avec la surface d'un matériau de manière séquentielle. Un film mince est ainsi lentement déposé par exposition répétée à des précurseurs distincts.

Les chercheurs du LMGP travaillent sur le sujet depuis plusieurs années maintenant. Ils ont notamment travaillé sur l'ALD spatiale à partir d'un concept initialement développé par Kodak, qu'ils ont modifié pour la rendre plus polyvalente en ayant l'idée ingénieuse d'utiliser la technique de l'impression 3D pour modifier la tête d'injection des précurseurs. Cette technique permet d'ajuster le design très facilement explique David Muñoz-Rojas, chercheur CNRS au LMGP à l'initiative de cette démarche.

Cette technique permet de réduire le coût et le temps de fabrication mais également d'obtenir des formes et des tailles de dépôt ajustables selon les besoins. Cette approche a été brevetée (CNRS), et retient déjà l'attention des industriels.

L'équipe de David Muñoz-Rojas coordonne un projet européen visant à obtenir une résolution latérale micronique. Le stylo SALD verrait ainsi augmenter le nombre de ses applications potentielles, notamment en microélectronique. Ces travaux ont été publiés dans la revue *Advanced Materials Technologies*, dont ils ont fait la troisième de couverture.



200

entreprises nous font confiance

dont près de 40% sont des TPE, PME et ETI

UN RESSOURCEMENT AMPLIFIÉ PAR L'ABONDEMENT CARNOT

Les ressources additionnelles (appelé « abondement ») attribuées aux instituts Carnot par le Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche nous permettent d'intensifier nos actions de ressourcement scientifique à l'origine des prochaines innovations, en anticipation des besoins futurs des entreprises.



35
projets en 2021

Une organisation et une planification de la recherche incluant différents niveaux de maturité et équilibrées sur nos différents axes thématiques ont été mises en place afin de promouvoir l'émergence de concept novateurs ou de monter en échelle de maturité (ou TRL*) sur des technologies lors de leurs premières phases de développement. Les projets sont conçus et organisés en vue d'apporter des solutions technologiques innovantes pour des transferts industriels à court ou moyen termes.



Répartition de l'abondement 2021 par axe thématique

52%	Vecteurs d'énergies
18%	Technologies transverses
11%	Réseaux d'énergies intelligents
12%	Sources d'énergies
7%	Usages à haute efficacité



3 typologies d'actions financées par l'abondement pour répondre à nos missions

74%	Ressourcement
18%	Montée en TRL et développement partenarial
8%	Coordination et contribution écosystème

LE RESSOURCEMENT AU CŒUR DE LA STRATÉGIE

Presque les trois quarts du financement sont dédiés à des actions de ressourcement, traduisant de fait une volonté d'accentuer l'effort de recherche pour trouver des solutions de rupture pour les énergies du futur. Comme pour tout type de recherche, c'est par l'évaluation d'un grand nombre d'idées, de concepts et d'outils nouveaux que finissent par émerger les technologies pertinentes à fort potentiel industriel.

LE DÉVELOPPEMENT PARTENARIAL ET LA MONTÉE EN TRL* POUR PRÈS DE 20% DU BUDGET

Le transfert des projets de ressourcement dont les résultats sont concluants font l'objet d'une attention particulière. Arriver à une maturité plus près de l'application finale afin de susciter l'intérêt d'industriels est un point clé. Les actions financées dans ce cadre en ciblant à la fois les marchés et les futurs partenaires potentiels sont essentielles pour convertir les efforts de ressourcement en applications concrètes à fort potentiel de valorisation.

* "Technology Readiness Level" : Niveau de maturité technologique

VISIBILITÉ, DÉVELOPPEMENT DES RÉSEAUX CARNOT THÉMATIQUES ET OPTIMISATION DE NOS PROCESSUS INTERNES POUR UNE MEILLEURE EFFICACITÉ DE L'INSTITUT CARNOT ENERGIES DU FUTUR

Développer de nouveaux réseaux Carnot thématiques, rendre visible nos actions, accroître notre réseau de partenaires académiques et industriels, se faire connaître auprès de l'écosystème français et améliorer notre organisation et notre productivité sont des éléments clés auxquels ont été consacrés 8% de notre budget.

LES 35 PROJETS SOUTENUS PAR L'ABONNEMENT 2021



SOURCES D'ÉNERGIES

Ressourcement

CATIMINI

CAvitaTion hydrodynaMIque
sous champ magNétique
Intense

MOMENTA

Management Optique
et Matériaux pErovskite
pour cellules PV silicium
hétérojoNction et TAndem

PV μ CO

PV μ concentration for
terrestrial and space
applications

TUR-BIAXIALE

Turbine Biaxiale



TECHNOLOGIES TRANSVERSES

Ressourcement

CALORIE

Contrôle du procédé de
fusion lAser sur Lit de
pOudre de Matériaux
Ferromagnétiques à faibles
pErtes

FILCALMAT

Développement et
évaluation de microfils
électrocaloriques pour la
réfrigération

MAG12

Développement d'aimants
frittés anisotropes de type
RFe12

MECANET

Impact des sollicitations
mécaniques sur les
propriétés électriques des
nano-nets de Zn

NICKEL

Dégagement de l'oxygène
en milieu alcalin sur aciers
au nickel

NITALD

Couches minces fonctionnelles de nitrures métalliques
pour l'optimisation énergétique des accélérateurs de
particules

SYRENA

Synthesis of electrically
conductive tips for Resistive
Nanoindentation

Développement de partenariat

CIMBA

Développement,
évaluation et intégration
des capteurs imprimés
(PICTIC) dans des
batteries Li-ion

SOLAR FUEL

Preuve de concept
de conversion
photoélectrochimique
pour produire du
biocarburant

Professionnalisation

IndicE

Indicateurs pour l'Energie

SCALE-IT

Ecoconception de
technologies émergentes
pour l'énergie et l'industrie
du futur : Prise en compte
du changement d'échelle
dans l'analyse de cycle
de vie



VECTEURS D'ÉNERGIES

Ressourcement

ADDP

AC DC MV distribution planning

BATSOL

Batterie monolithique tout solide Li-ion obtenue en une étape

CASSIOPEE

Caractérisation et modélisation pour des cellules à oxyde solides performantes, durables et robustes

DHYNOP

Nextgen Fuel Cell Management System: Fully Dynamic Operation and Fault Mitigation

ECO-LOHC

Catalyseurs 3D et réacteurs pour la technologie LOHC

FAME

Fonctionnalisation Acoustique des Machines Electriques

HERMOS

Electrocatalyseurs non nobles MoS2 pour le dégagement électrochimique d'hydrogène (HER) : Optimisation de la composition et de la morphologie des feuillets

OPALHE

Outils de prédiction basé sur l'équilibre thermodynamique pour adapter les mélanges aux procédés

REDBAT

REfroidissement Diphasique des BATteries

SONA

SOlid state Na-based batteries ; Anodeless approach in sulfide based electrolyte

PREDICT

Prédiction par criblage haut débit de nouveaux matériaux de batterie

Développement de partenariat

FLYGAN

Étude des phénomènes dynamiques et thermiques d'un composant GaN 1200V dans un bras d'onduleur photovoltaïque



RÉSEAUX D'ÉNERGIES INTELLIGENTS

Ressourcement

Adagio

Analyse et retards dans les smart grids interopérables

DISTRISIM

Gestion multi-vecteur de la demande, une approche par co-simulation

Développement de partenariat

FLEXENR

Indicateurs de flexibilités des réseaux d'énergies multi-sources interconnectés

TEDD

Plateforme de test des protections numériques du futur



USAGES À HAUTE EFFICACITÉ

Ressourcement

JANUSDISTILLE

Processus de dessalement de l'eau de mer sobre en besoin énergétique

MILLI-BIOCAT

Echangeurs multifonctionnels milli-structurés pour la biocatalyse

PRIMALU

Impression 3D par extrusion composite de pièces en aluminium

VHF-PE

Vers une Electronique de Puissance VHF

RETOUR SUR 2021

CRÉATION DE LA START-UP APHELIO ISSUE DU G-SCOP, LABORATOIRE MEMBRE DE NOTRE CARNOT

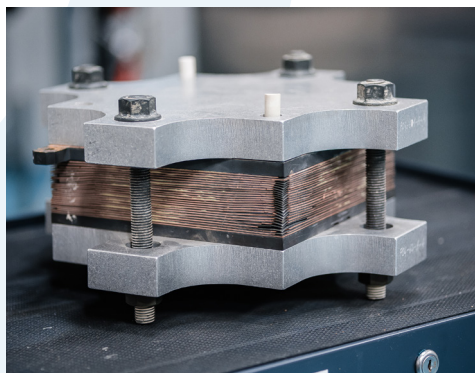
La multiplication des cyber-attaques au cours de ces dernières années à l'encontre de sites industriels est un enjeu de sécurité majeur pour les décennies à venir. Pour autant il existe peu de solutions capables d'intégrer la complexité spécifique d'un site industriel.

Issue de près de 10 ans de recherches menées au sein du laboratoire G-SCOP, Aphelio ambitionne de répondre à ces enjeux majeurs avec sa solution innovante CyberSmartLearn, cohérente avec les besoins des industriels et qui s'appuie sur une approche basée sur des algorithmes IA dédiés et originaux.

CyberSmartLearn (CSL) est une plateforme logicielle de supervision et de gestion d'alertes d'objets connectés industriels intégrant de l'intelligence artificielle et disposant d'un algorithme d'apprentissage breveté.

L'équipe Aphelio accompagne les entreprises et les villes dans leur développement de l'industrie du futur, la smart city et la safe city en construisant des infrastructures numériques plus sûre.

Plus d'infos ➔ www.aphelio.eu



Stack d'électrolyse de la vapeur d'eau à haute température SOC (solid oxide cell)

LA SOCIÉTÉ GENVIA OFFICIELLEMENT LANCÉE

Créée par le CEA, Schlumberger et leurs partenaires (VINCI, VICAT et l'ARIS), Genvia a été lancée en mars 2021.

La société vise le déploiement industriel de la technologie d'électrolyseur haute température à oxyde solide, développée par le CEA, pour la production d'hydrogène décarboné. Elle s'appuie sur une équipe de R&D et un centre de transfert technologique en lien étroit avec le CEA sur le site de Grenoble, afin d'accélérer la maturation de la technologie.

Genvia dispose également de 2 autres sites, à Clamart pour l'ingénierie des systèmes, et à Béziers, lieu de la production des électrolyseurs.

LANCEMENT DE 3ALP, UN LABORATOIRE PUBLIC/ PRIVÉ DÉDIÉ À L'ALUMINIUM DE DEMAIN

Le groupe Constellium, un des principaux fournisseurs mondiaux de produits aluminium, le CNRS et l'Université Grenoble Alpes unissent leurs expertises en créant le laboratoire commun 3ALP pour « Advanced aluminium alloys partnership ». L'objectif est de développer, ensemble, la recherche sur la recyclabilité et la durabilité de l'aluminium et de travailler sur de nouvelles méthodologies de recherches innovantes et de nouveaux matériaux à base d'aluminium. Ce laboratoire commun s'appuiera sur l'expertise reconnu du laboratoire de recherche SIMaP en matière de conception d'alliages métalliques et de procédés innovants comme la fabrication additive. 3ALP est la forme de collaboration la plus ambitieuse entre le monde économique et le monde académique.



#ÉQUIPECARNOT

OÙ TROUVEZ-VOUS VOTRE **ÉNERGIE** ?

**NATHALIE
COLOMBEL**
Directrice
opérationnelle



« Dans la satisfaction
de voir nos recherches
se concrétiser dans
la société grâce
aux industriels. »

DANIEL BELLET
Directeur
scientifique



« Dans l'excellence
scientifique de nos
équipes qui préparent
déjà après-demain ! »

DU COTÉ DE NOS **START-UPS**

VULKAM, LA PÉPITE DU SIMAP RÉVOLUTIONNE LES ALLIAGES MÉTALLIQUES

La start-up issue du laboratoire SIMaP connaît une belle ascension depuis sa création en se focalisant sur la miniaturisation.

En effet, la start-up a développé une gamme de matériaux ciblés et adaptés aux besoins des industriels : les Vulkalloys®. Des matériaux innovants, plus légers, flexibles, résistants avec des procédés optimisés.



« En changeant l'organisation atomique d'un matériau, on change fondamentalement ses propriétés »

Sébastien Gravier
*Fondateur de la société Vulkam,
la start-up deeptech*

HYDROQUEST ET QAIR S'ASSOCIENT DANS LE DÉVELOPPEMENT DE LA FERME PILOTE D'HYDROLIENNES AU RAZ BLANCHARD, FLOWATT.

**Un projet ambitieux
100% français !**

Les deux experts dans le domaine de l'hydrolien en France lancent un projet inédit et ambitieux : la ferme pilote hydroliennes la plus puissante et innovante du monde, FloWatt.

Hydroquest, PME essaimée du laboratoire LEGI du Carnot Energies du Futur, s'associe avec Qair Marine, la filiale EmR du groupe Qair, pour lancer un projet pilote ambitieux.

Les deux partenaires souhaitent démontrer les nombreux avantages de l'hydrolien mais également franchir une nouvelle étape vers le développement à l'échelle commerciale de cette énergie en France.

Dans ce contexte, HydroQuest et Qair développeront sur la concession du Raz Blanchard cédée par EDF Renouvelables, une ferme pilote hydrolienne de 17,5 MW, la plus puissante et innovante du monde à ce jour.

La mise en service de la ferme pilote FloWatt pourrait intervenir en 2025.

#ÉQUIPECARNOT

OÙ TROUVEZ-VOUS VOTRE ÉNERGIE ?



**JEAN-PIERRE
SIMONATO**
Directeur
scientifique

« Dans le plaisir de proposer à nos partenaires une offre de R&D large en terme de maturité technologique (TRL). »



**FLORENCE
LEFEBVRE-JOUD**
Pilote groupe
recherche CSF NSE

« Dans notre participation active aux stratégies d'accélération nationales pour l'innovation »



LUCIE TATIN
Responsable
administrative
et financière

« Dans notre responsabilité de travailler activement pour les générations futures. »

 **HydroQuest**

LE LABORATOIRE LEPMI TRANSFORME LES EAUX RÉSIDUAIRES EN MOTEUR DE LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE

Issue du laboratoire LEPMI, la future start-up grenobloise Hystep relève à la fois le défi de la transition énergétique et celui de la valorisation de nos déchets. Deux défis et un objectif : produire de l'hydrogène décarboné et à bas coût à partir du retraitement des eaux usées.

Lauréat en 2020 de la 1^{ère} édition du concours national d'innovation i-PhD, Hystep poursuit son développement et celui de l'énergie de demain. Après un programme de maturation technologique de 18 mois au sein de Linksum, le projet est entré en 2021 en incubation.

Brevetée et protégée par l'UGA, la technologie Hystep repose sur le couplage de deux procédés désynchronisés. Une pile à combustible microbienne va d'abord dégrader la matière organique polluante et la valoriser en électrons. Ces électrons sont stockés dans un médiateur chimique qui sera dans un second temps électrolysé pour produire l'hydrogène. Cette technologie permet un rendement de 90% dans le stockage et la réinjection de l'électricité par la voie hydrogène.

DANS NOS LABORATOIRES

UNE SOLUTION INNOVANTE POUR RECYCLER LES PANNEAUX PHOTOVOLTAÏQUES EN FIN DE VIE

Le CEA-Liten a développé une méthode peu polluante et peu consommatrice d'énergie pour recycler les panneaux photovoltaïques en fin de vie. Elle consiste à séparer la face avant en verre de la face arrière en polymères, en découpant à travers les cellules photovoltaïques grâce à un fil diamanté.

Les chercheurs parviennent ainsi à désolidariser les deux faces espacées de quelques centaines de microns seulement. Avec cet équipement expérimental, un module d'un mètre carré peut être traité en une demie heure. Le verre récupéré pourra être recyclé dans une nouvelle filière. Il est également possible, par traitement hydrométallurgique, de séparer et de récupérer les différents métaux présents dans les poudres de découpe afin de les réutiliser.





Marie-Cécile Alvarez-Hérault

Chercheuse au G2Elab

Nouvelle titulaire de la chaire Smartgrids

« Je contribue à faire émerger de nouvelles thématiques de recherche, à définir et encadrer des sujets de thèse. Par ailleurs, nous contribuons à la diffusion des savoirs en organisant des journées de communication sur les travaux réalisés, en intégrant les problématiques Smartgrid au cœur des enseignements à l'attention des étudiants, mais aussi en faisant évoluer le MOOC Smartgrids, en projetant de créer de nouveaux outils de diffusion des connaissances tels que des Escape Games s'adressant à tous publics, en participant à la Fête de la Science...etc. »

Depuis avril 2021, Marie-Cécile Alvarez-Hérault chercheuse au G2Elab est la nouvelle titulaire de la Chaire Smartgrids, qui vient d'être renouvelée pour la troisième fois. Cette chaire adresse toutes les problématiques, sur le court

et le long terme, de l'industriel Enedis qui gère 95% du réseau de distribution français. En tant que titulaire de la chaire, elle a un rôle d'animation fort, de pilotage et de montage des projets de recherche.

ETIENNE GHEERAERT REÇOIT LE PRIX ÉTOILE DE L'EUROPE DANS LE CADRE DU PROJET EUROPÉEN GREENDIAMOND



**« Le composant
en diamant peut être
30 fois plus fin que
celui en silicium. »**

Enseignant à l'Université Grenoble Alpes au sein de Polytech Grenoble - INP, UGA et chercheur à l'institut Néel, Etienne Gheeraert a reçu le 2 décembre 2021 le Prix Étoile de l'Europe de Frédérique Vidal, ministre de l'Enseignement supérieur et de la Recherche, dans le cadre du projet européen GreenDiamond.

L'objectif de ce projet de développer un convertisseur à base de diamant pour transporter l'électricité produite par les parcs éoliens offshore.

Comme l'explique Etienne Gheeraert, le diamant présente de nombreux avantages :

« À épaisseur égale, la tension supportée par le diamant est environ 30 fois supérieure à celle supportée par le silicium. Ainsi, à tension constante, le composant en diamant peut être 30 fois plus fin que celui en silicium. Cet affinement le rend également plus conducteur, démultipliant encore la réduction des pertes. »

LES ÉVÉNEMENTS EN 2021

SEPT.

Global Industrie

06-09 sept.



Nous étions présents au salon Global industrie à Lyon aux côtés des Carnot ARTS, Cetim, Icéel et du CEA LETI. L'occasion pour le Carnot Energies du Futur de présenter une technologie de rupture proposée par l'un de ses laboratoires membres, la maquette Kiwee solution de véhicules électriques d'autoportage emboîtables développée par le Cea-Liten.

Cap' Carnot

28 sept.

Succès pour la rencontre annuelle des Carnot avec les acteurs de l'innovation à Paris avec plus de 230 visiteurs.

À l'occasion des 15 ans du réseau des Carnot, un showroom de 30 démonstrateurs de tous domaines technologiques a été présenté par les experts et chercheurs Carnot. Une nouvelle occasion pour le CEA-Liten de présenter sa solution de véhicules électriques d'autoportage emboîtables Kiwee.



OCT.

Business Hydro

11-12 oct.

Le Carnot Energies du Futur était présent aux 6^{ème} rencontres Business Hydro.

La thématique de cet événement grenoblois était «L'Europe & la relance des investissements dans l'hydroélectricité».

Plus de 800 visiteurs sur 2 jours avec au programme tables rondes, village experts Business, networking et conférences de haut niveau sur l'hydroélectricité.

NOV.

RDV Carnot 2021

17-18 nov.

C'est avec beaucoup de plaisir que l'équipe du Carnot Energies du Futur a pu participer en présentiel à la 14^e édition des Rendez-vous Carnot à Lyon après une édition au format digital en 2020 : deux jours de rendez-vous d'affaires, de conférences, tables rondes et pitches start-up et PME innovantes. Cette année, le réseau des Carnot fêtait 15 ans de R&D. À cette occasion, 37 démonstrateurs ont été exposés, présentant des résultats de recherche à valoriser dans divers domaines d'activités économiques.



DÉC.

**Rencontre Ecotech® Energie
« Nouvelles énergies dans la Ville
et les Territoires »**

14 déc.

Cette 4^e Rencontre Ecotech® Énergie a été organisée par les filières EnergICs et Extra&co des instituts Carnot, le PEXE, avec le soutien du Comité Stratégique de Filière Nouveaux systèmes énergétiques (CSF NSE). Au programme de ce rendez-vous national de l'innovation pour la transition énergétique : rendez-vous B2B, pitches sur des solutions innovantes retenues dans le cadre de l'Appel à Manifestation d'Intérêt lancé au printemps d'entreprises et laboratoires de recherche.

Plus d'infos

[➔ www.ecoentreprises-france.fr](http://www.ecoentreprises-france.fr)

**Cette journée dédiée aux
Nouvelles énergies dans
la Ville et les Territoires
a rassemblé plus de 200
participants et permis plus
de 300 rendez-vous B2B.**



ZOOM SUR LE CARNOT ENERGIES DAY

19 oct.

Construire des synergies pour les énergies de demain

Toute l'équipe du Carnot Energies du Futur était heureuse de pouvoir de nouveau réunir l'ensemble de ses chercheurs lors d'une journée conviviale de travail mais aussi de partage.

L'événement a rassemblé près d'une centaine d'acteurs de la recherche (ingénieurs, chercheurs, enseignants-chercheurs, doctorants et post-doctorants) des laboratoires et équipes membres du Carnot Energies du Futur avec pour ambition de construire des synergies communes pour les énergies de demain.

Nous avons eu le plaisir d'accueillir Nicolas Poinot de la société Socomec Group pour son intervention « Le stockage sur batteries - Nouvel acteur des réseaux intelligents » et Isabelle Billard, chercheuse au LEPMI, pour une conférence intitulée « Matériaux critiques : de leur usage et recyclage ».

Cette journée a été l'occasion pour nos chercheurs de présenter 25 projets de ressourcement scientifique et de développement partenarial sous forme de posters et de préparer l'avenir.



25



POSTERS



présentés par les laboratoires de recherche par thématiques :

- Sources d'énergies (5)
- Technologies transverses (8)
- Usages à haute efficacité (3)
- Vecteurs d'énergies (7)
- Réseaux d'énergies intelligents (2)



DANS LA PRESSE

FOCUS SUR LA DYNAMIQUE PARTENARIALE

POC Media

Christian Schaeffer, le directeur du Carnot Energies du Futur revient sur la dynamique partenariale en matière de décarbonation pour POC Media.

L'occasion pour Christian Schaeffer lors de cette interview de revenir sur les domaines scientifiques d'excellence que portent les 1300 chercheurs issus du secteur académique et des quatre départements du CEA-Liten membres de notre Carnot. Mais également un focus sur les différents types d'équipement que proposent nos laboratoires pour des projets de TRL élevés avec, notamment, les plateformes du CEA-Liten et la plateforme de pilotage des réseaux électriques Predis pilotée par le G2Elab laboratoire académique.

Notre directeur a souligné la contribution du Carnot Energies du Futur, en collaboration avec la Satt Linksum, au développement de plus de 24 start-ups avec notamment comme success-story McPhy Energy, qui a développé une solution de stockage d'énergie, ou Symbio, positionnée sur le stockage de l'hydrogène. Le Carnot Energies du Futur a soutenu la création de quelques beaux succès. Nous travaillons sur le recyclage, avec Rosi Solar issue du laboratoire SIMaP, ou Recup'Terre issue de l'Institut Néel, spécialisée sur la récupération de terres rares.

L'article complet ➔ www.energiesdefutur.fr



**« Les chercheurs
sont en pleine ébullition
dans le domaine
de l'hydrogène »**

KIWEE RÉINVENTE L'AUTO EN LIBRE-SERVICE

Les Echos

Ce petit véhicule électrique inventé dans le cadre du projet européen Esprit, soutenu par le Carnot Energies du Futur et piloté par le CEA-Liten, révolutionnerait l'auto-partage. Très compact, chacun des Kiwee s'emboîte avec ses congénères, à l'image des chariots d'un supermarché. Toute l'innovation du concept, destiné à résoudre la problématique des transports dans les zones périurbaines, est là.

Une solution pour une exploitation simplifiée et économique par l'intermédiaire du premier véhicule, relié à la station d'accueil, tous sont connectés et voient leurs batteries rechargées. L'intérêt

consiste à pouvoir redistribuer facilement et pour un coût modéré les véhicules par grappe de huit en fonction des besoins des stations.

L'objectif du projet est désormais de mettre au point un démonstrateur d'une vingtaine de véhicules. Cette première expérimentation en grandeur réelle devrait avoir lieu dans la zone industrielle de Feyzin d'ici 2023. Metacar Mobility Systems, la start-up créée pour industrialiser le projet, espère lever 4 millions d'euros d'ici à la fin de l'année.

L'article complet ➔ www.lesechos.fr



LA COLLABORATION FRUCTUEUSE DE NOTRE LABORATOIRE ACADÉMIQUE G2Elab AVEC L'ENTREPRISE ALTAIR À L'HONNEUR

CNRS Journal

Fort d'une collaboration de plus de 40 ans, le laboratoire commun entre Altair Engineering et le G2Elab prouve la solidité des liens qui peuvent se tisser entre recherche et industrie. Ces deux acteurs poursuivent le développement du logiciel Flux qui modélise les champs électromagnétiques dans le but d'améliorer les appareils électriques.

Cela permet de concevoir des produits avec :



**un meilleur
rendement
énergétique**



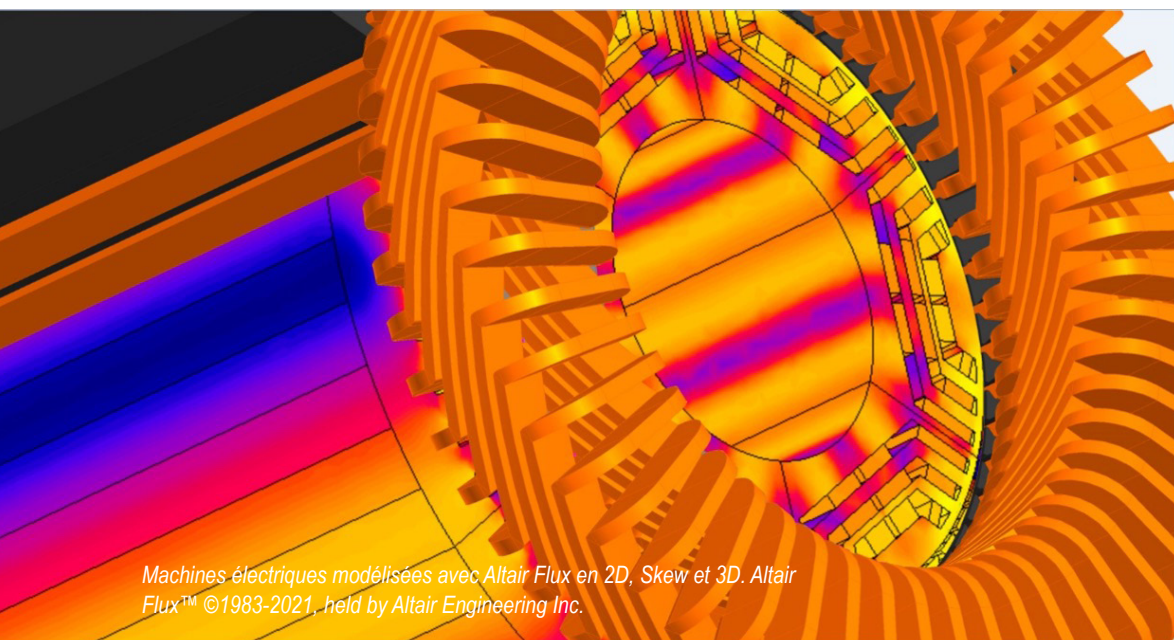
**un poids
réduit**



**une utilisation
optimisée des
matières premières**
telles que les aimants



**tout en maintenant
un haut niveau
de performance**

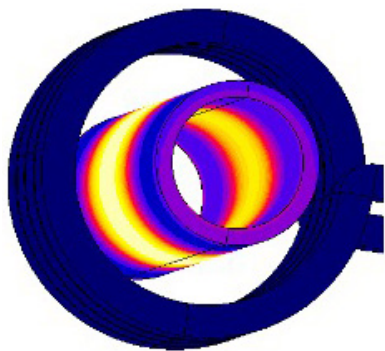


Machines électriques modélisées avec Altair Flux en 2D, Skew et 3D. Altair Flux™ ©1983-2021, held by Altair Engineering Inc.

Les travaux les plus récents visent à augmenter la précision et la vitesse des algorithmes du logiciel qui est particulièrement prisé par le secteur automobile pour accompagner l'électrification des véhicules.

L'article complet

➔ www.lejournal.cnrs.fr



Simulation du processus de chauffage par induction. Altair Flux™ ©1983-2021, held by Altair Engineering Inc.

#ÉQUIPECARNOT

OÙ TROUVEZ-VOUS VOTRE **ÉNERGIE** ?



STÉPHANE FIORILLO
Ingénieur d'affaires

« Parce que participer au développement du tissu industriel français avec les PME et les ETI est gratifiant. »



SABRINA RIGAUD
Responsable communication

« Dans notre communauté de mission : le réseau Carnot. »



ELOÏSE HUISSOUD-GERMAIN
Chargée de valorisation et marketing de l'offre

« Dans notre contribution bien réelle à une problématique d'actualité : la transition énergétique. »

NOTRE ÉCOSYSTÈME

LES ACTIONS CARNOT FILIÈRES SONT TERMINÉES, D'AUTRES INITIATIVES SONT LANCÉES

Depuis 2016, le réseau des Carnot s'est structuré pour amplifier son action pour l'innovation des TPE, PME et ETI françaises. Huit grands secteurs économiques ont été ciblés et des actions concrètes ont été mises en place :

- ➔ Un réseau d'interlocuteurs présents sur le terrain, au plus près des entreprises a rendu l'offre R&D plus accessible.
- ➔ Un réseau de plateformes technologiques structuré a permis d'accueillir les utilisateurs externes au travers d'une interface de qualité (délais de prise en charge, dialogue, réactivité...).
- ➔ Des liens étroits avec l'écosystème (Conseils stratégiques de filières, Pôles de compétitivité, Fédérations professionnelles) a facilité l'identification des problématiques auxquelles sont confrontées les entreprises et l'anticipation de leurs besoins, et a offert une meilleure visibilité sur les travaux R&D exploratoires des équipes Carnot.

Ces actions Carnot filières étaient soutenues par le programme d'investissement d'avenir.

Le Carnot Energies du Futur coordonnait EnergiCs et participait à Carnauto et Manufacturing.

L'impulsion créée par les initiatives filières se poursuit par la structuration du réseau des Carnot sur plusieurs secteurs d'activité.

Le Carnot Energies du Futur s'engage dans 3 de ces initiatives :



Les Carnot pour les Énergies à Faible Impact Carbone



Les Carnot pour l'Économie Bleue



Les Carnot pour les Mobilités

Le rapport d'activité 2022 sera l'occasion de vous en dire beaucoup plus sur cette structuration qui ne fait que commencer en 2021.

FOCUS SUR L'ACTION CARNOT FILIÈRE ENERGICS



Une activité commerciale
soutenue



1 150

nouvelles
entreprises
TPE/PME/ETI
rencontrées



750

expressions
de besoins
remontées
et analysées

Un nombre de partenaires
en croissance



x 1,5

de partenaires
en 6 ans

400

entreprises
accompagnées
par an en moyenne

Une activité contractuelle élevée
et dynamique avec les TPE/PME/ETI

Un volume important
de recettes contractuelles



142 M€

de CA cumulé sur 6 ans

soit **24 M€**

en moyenne par an

Une attractivité forte et continue
du consortium auprès des nouvelles
entreprises

30 %

de renouvellement
du portefeuille
client

120

nouveaux
partenaires
par an

75 %

d'entreprises primo-accédantes
parmi les nouveaux partenaires

NOS RÉALISATIONS



2 MOMENTS FORTS DE 2021

Avril

Annuaire des acteurs des nouveaux systèmes énergétiques

La filière Carnot EnergICs, le GT Recherche du CSF NSE et le PEXE ont lancé en avril 2021 un annuaire de filière recherche-industrie pour renforcer la visibilité de l'offre de compétences et de moyens de l'ensemble des acteurs du secteur de l'énergie.

L'objectif de cet annuaire est de rendre visible et valoriser l'offre et le savoir-faire de TPE, PME, ETI, laboratoires de recherche, clusters, pôles de compétitivités et associations professionnelles qui portent une solution (produits, services...) dans le domaine des nouveaux systèmes énergétiques.



Déc.

Rencontre Ecotech Energie

En 2021, la quatrième !

La Rencontre Ecotech du 14 décembre 2021, co-organisée avec le PEXE, a rassemblé virtuellement plus de 200 participants (industriels et chercheurs) autour de la thématique « les nouvelles énergies dans la ville et les territoires » et permis plus de 300 rendez-vous B2B.



UNE IMPLICATION RENOUVELÉE DU CARNOT ENERGIES DU FUTUR DANS LE PILOTAGE DU GT RECHERCHE



**Nouveaux Systèmes
Énergétiques**
Comité stratégique de filière

En tant que pilote de l'action filière Carnot EnergICs, Michel Pons avait été sollicité dès 2019 par Aurélie Picart, la Déléguée Générale du CSF NSE pour piloter le groupe de travail « Recherche ». Ce groupe de travail, constitué d'acteurs de la recherche publique et privée, a pour objectif d'intensifier les partenariats entre la recherche et l'industrie pour stimuler l'innovation et la compétitivité. Son animation par un acteur Carnot paraît donc assez naturelle.

La feuille de route du GT Recherche entre 2019-et 2021 incluait notamment le développement d'un annuaire de la filière d'innovation recherche industrie ainsi que l'organisation et la tenue de rendez-vous recherche-industrie autour des énergies à faible empreinte carbone et de l'efficacité énergétique.

Suite au décès de Michel Pons en avril 2021, Florence Lefebvre-Joud a repris le flambeau de l'animation du GT Recherche avec le soutien précieux d'Elisabeth Brochier jusqu'à l'été. A ce titre elle s'est en particulier impliquée dans la contribution du GT Recherche au renouvellement du Contrat Stratégique de Filière « Nouveaux Systèmes Énergétiques » 2021-2023. Elle a également lancé des chantiers relatifs aux attentes des industriels en matière de recherche et d'innovation suivant leurs différents métiers.



Le renouvellement du Contrat de Filière Nouveaux Système Énergétiques a été signé avec les ministres, Mmes Pompili et Pannier-Runacher le 4 novembre 2021 avec une nouvelle feuille de route pour le GT Recherche.

LES UNITÉS DE RECHERCHE



Laboratoire d'Économie
Appliquée de Grenoble



Laboratoire d'Électrochimie
et de Physico-chimie des
Matériaux et Interfaces



Laboratoire des
Matériaux et du
Génie Physique



Laboratoire du Génie
Électrique de Grenoble



Laboratoire des Écoulements
Géophysiques et Industriels



Laboratoire procédés
énergie bâtiment



Laboratoire des Sciences
pour la Conception,
l'Optimisation
et la Production



Laboratoire d'Innovation
pour les technologies des
Énergies nouvelles et les
Nanomatériaux



Laboratoire de Physique
Subatomique et de
Cosmologie de Grenoble



Laboratoire de recherche
fondamentale en physique
de la matière condensée



Laboratoire de Science
et Ingénierie des Matériaux
et Procédés



Engagés pour la transition énergétique

Déjà 15 ans que nos chercheurs se mobilisent
auprès de nos partenaires industriels et innovent,
ça se fête !



CARNOT ENERGIES DU FUTUR

Grenoble INP - UGA • 46 av. Félix-Viallet - 38031 Grenoble
contact@energiesdufutur.fr • energiesdufutur.fr