



RAPPORT
D'ACTIVITÉ
2022

Votre partenaire **R&D**
pour relever les défis de
l'industrie du **futur**



SOMMAIRE



◆ Edito	<i>Page 4</i>
◆ L'institut Carnot ARTS	<i>Pages 6-15</i>
◆ Un réseau national ancré sur le territoire	
◆ 23 laboratoires	
◆ Nos 3 axes de recherche	
◆ Le Comité de Direction	
◆ Notre offre aux entreprises	
◆ Les chargés d'affaires en régions	
◆ Bilan 2022	<i>Pages 16-35</i>
◆ Chiffres clés et temps forts	
◆ France Relance	
◆ La stratégie de développement en actions	
◆ Projets de ressourcement scientifique	
◆ Alliances inter-Carnot	
◆ Plateformes technologiques : success stories	
◆ Cap vers 2023	<i>Pages 36-37</i>
◆ Horizon Europe	<i>Pages 38-39</i>

ÉDITO



1600
chercheurs

16 plateformes
technologiques de pointe

23
laboratoires

LA RECHERCHE ET L'INDUSTRIE AU CŒUR DE TOUS LES DÉFIS

Professeur Philippe VÉRON, Directeur du Carnot Arts

Face aux nouveaux équilibres du monde, la France a fait de la réindustrialisation durable de nos territoires une priorité.

En 2022, la recherche et l'industrie sont repositionnées au cœur de tous les défis environnementaux, géopolitiques et socio-économiques. Elles sont les deux piliers d'une même aspiration à une France puissante dans une Europe technologiquement souveraine, synonyme de progrès durable pour tous, porteuse de valeurs humanistes et démocratiques.

Pour les chercheurs et les industriels, c'est une responsabilité historique qui nous engage envers les générations futures. Cela implique une accélération de notre capacité à innover et à déployer cette innovation dans nos entreprises sur des cycles raccourcis.

Au fil des années, le Carnot ARTS est devenu un espace privilégié d'accélération de l'innovation au service du génie industriel français. Il rassemble une communauté de chercheurs, d'ingénieurs, de femmes et d'hommes déterminés à relever collectivement les défis de l'industrie du futur, aux côtés de nos entreprises partenaires.

En 2022, notre engagement s'est traduit par une croissance annuelle de plus de 10% des activités de recherche partenariale du Carnot ARTS, un succès porté par des lignes de force solides :

- ◆ Nos projets ambitieux de **ressourcement scientifique** et nos partenariats structurants avec des **grands groupes leaders** ;
- ◆ Nos liens durables avec un nombre croissant de **TPE – PME : 55% de nos clients** ;
- ◆ Notre **ancrage territorial** historique renforcé par les Diagnostics Industrie du Futur et les EDIH* ;
- ◆ Notre forte implication dans les **alliances Carnot** Industrie du Futur, Mobilités, Economie Bleue, Santé digitale et dispositifs médicaux ;
- ◆ Notre engagement dans la **filière Hydrogène** et les enjeux d'efficacité énergétique ;
- ◆ Notre capacité à saisir les innovations liées à l'**écoconception** et l'**économie circulaire**, comme de nouveaux leviers de compétitivité ;
- ◆ Nos savoir-faire pour répondre à l'intégration croissante des activités de conception dans la continuité entre la **chaîne numérique** et les **jumeaux hybrides**.

Merci à nos équipes de recherche, aux entreprises qui nous font confiance et aux partenaires institutionnels qui nous soutiennent. Ensemble, nous choisissons le courage et l'action face aux défis actuels.

Ensemble, nous construisons l'industrie du futur, pour un avenir de progrès durable et partagé.





L'INSTITUT CARNOT **ARTS**

Votre partenaire **R&D**
pour relever les défis de
l'industrie du futur



AU SERVICE DE L'INNOVATION DES ENTREPRISES

Fortement ancré sur les enjeux de **l'industrie du futur**, l'Institut Carnot ARTS est le **partenaire R&D** privilégié des entreprises qui misent sur **l'innovation** pour accroître leur **compétitivité**, relever les défis de la **transition écologique** et contribuer à la **société de demain**. Grâce à son réseau de **compétences multidisciplinaires** et d'**équipements de pointe**, le Carnot ARTS accompagne ses clients dans **toutes les étapes du cycle de vie** de leurs produits pour leur apporter des **solutions R&D sur-mesure**.

ŒUVRER À LA RÉINDUSTRIALISATION DES TERRITOIRES

Notre implantation sur **18 sites en régions** est la garantie d'un **ancrage territorial fort** et d'une parfaite connaissance du **tissu socio-économique local**. Proche des entreprises, des clusters et des pôles de compétitivité, le Carnot ARTS œuvre à la **réindustrialisation des territoires partout en France**.

UN LABEL D'EXCELLENCE

Attribué par le Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche, le label Carnot distingue l'excellence des instituts de recherche publique engagés dans les transferts de technologie et l'innovation pour les entreprises.

En France, le réseau des Carnot représente 55% de la recherche partenariale entre le public et le privé.



L'institut Carnot ARTS, historiquement porté par les Arts et Métiers, est labellisé depuis la création du label Carnot en 2006. Il est géré par AMVALOR, SAS, filiale de valorisation du groupe Arts et Métiers.





**UN RÉSEAU
NATIONAL DE R&D**
ANCRÉ SUR LE TERRITOIRE

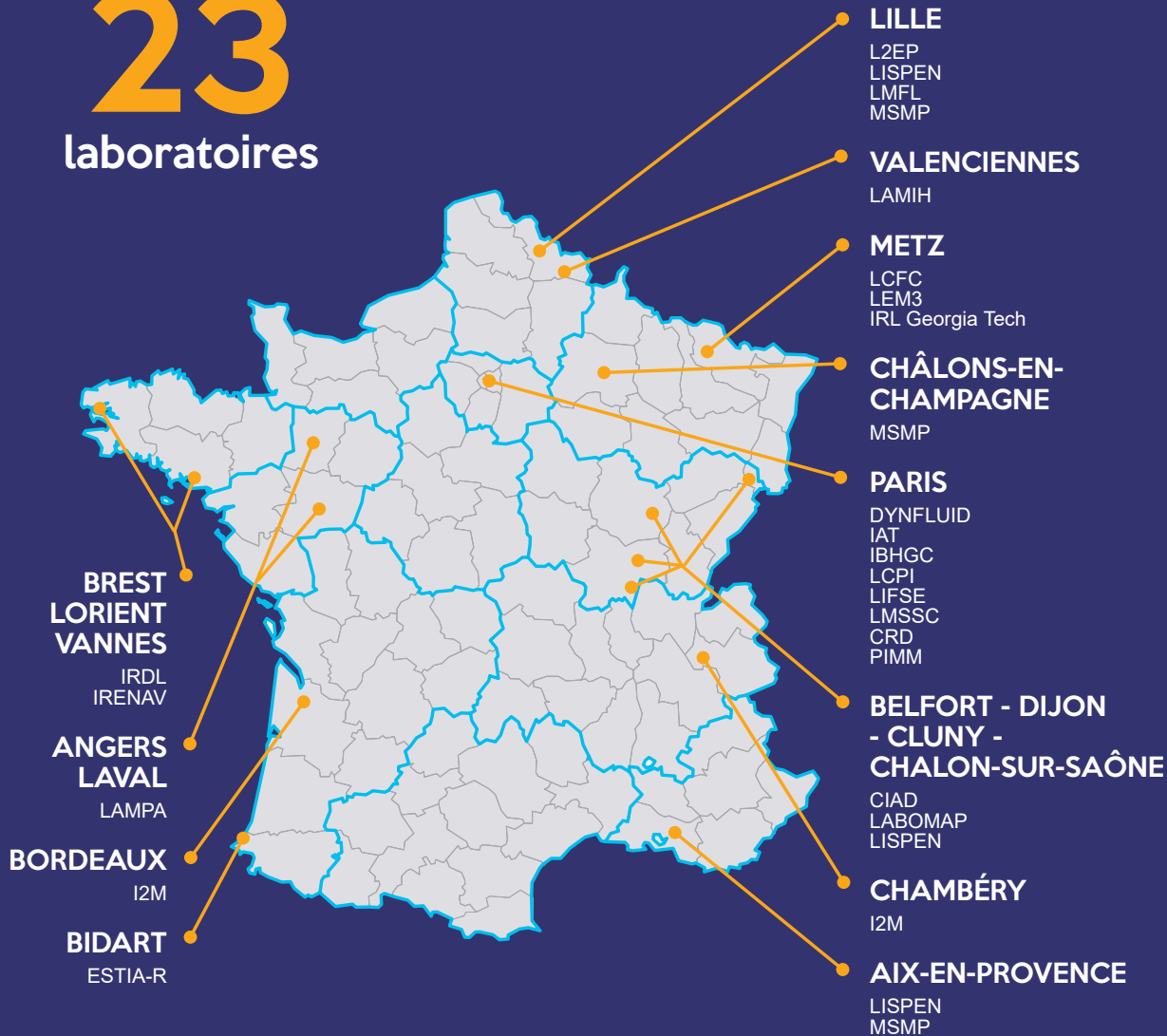
18
implantations
régionales

1600
chercheurs

16 plateformes
technologiques de pointe

23

laboratoires



23

LABORATOIRES DE RECHERCHE

AUX EXPERTISES
COMPLÉMENTAIRES

CIAD

Belfort, Dijon

Laboratoire de Connaissance et
d'Intelligence Artificielle Distribuées

CRD

Paris

Centre de Recherche en Design

DynFluid

Paris

Laboratoire de Dynamique des Fluides

ESTIA-R

Bidart

Laboratoire de recherche de l'École Supérieure
des Technologies Industrielles Avancées

I2M

Bordeaux, Chambéry

Institut de Mécanique et d'Ingénierie

IAT

Paris

Institut AéroTechnique

IBHGC

Paris

Institut de Biomécanique Humaine Georges Charpak

IRDL

Brest, Lorient, Vannes

Institut de Recherche Dupuy de Lôme

PORTÉS PAR **22**
ÉTABLISSEMENTS



le **cnam**



IRENav *Brest*

Institut de Recherche de l'Ecole Navale

IRL GT *Metz*

Georgia Tech-CNRS IRL 2958

L2EP *Lille*

Laboratoire d'Electrotechnique et d'Electronique de Puissance

LaBoMaP *Cluny*

Laboratoire Bourguignon des Matériaux et Procédés

LAMIH *Valenciennes*

Laboratoire d'Automatique, de Mécanique et d'Informatique Industrielles et Humaines

LAMPA *Angers, Laval*

Laboratoire Angevin de Mécanique, Procédés et innovAtion

LCFC *Metz*

Laboratoire de Conception Fabrication Commande

LCPI *Paris*

Laboratoire Conception de Produits et Innovation

LEM3 *Metz*

Laboratoire d'Étude des Microstructures et de Mécanique des Matériaux

LIFSE *Paris*

Laboratoire d'Ingénierie des Fluides et Systèmes Energétiques

LISPEN *Lille, Chalon-sur-Saône, Aix-en-Provence*

Laboratoire d'Ingénierie des Systèmes Physiques et Numériques

LMFL *Lille*

Laboratoire de Mécanique des Fluides de Lille - Kampé de Fériet

LMSSC *Paris*

Laboratoire de Mécanique des Structures et des Systèmes Couplés

MSMP *Aix-en-Provence, Lille, Châlons-en-Champagne*

Laboratoire Mechanics, Surfaces and Materials Processing

PIMM *Paris*

Laboratoire Procédés et Ingénierie en Mécanique et Matériaux





3 NOS AXES DE RECHERCHE

NOS COMPÉTENCES SCIENTIFIQUES SONT STRUCTURÉES AUTOUR DE 3 AXES DE RECHERCHE COMPLÉMENTAIRES

Mécanique, Matériaux et Procédés

- ◆ Matériaux avancés
- ◆ Tenue en service, durabilité
- ◆ Biomécanique
- ◆ Systèmes intelligents - Mécatronique
- ◆ Mécanique numérique
- ◆ Robotique - Cobotique
- ◆ Procédés de fabrication et d'assemblage
- ◆ Procédés de recyclage

Fluides et Systèmes Energétiques

- ◆ Mécanique des fluides
- ◆ Aérodynamique - Hydrodynamique
- ◆ Machines hydrauliques - Turbomachines
- ◆ Moteurs électriques
- ◆ Performance énergétique et thermique
- ◆ Gestion système multi-sources multi-énergies
- ◆ Energie électrique : conception et gestion
- ◆ Acoustique

Conception, Industrialisation, Production

- ◆ Écoconception - Analyse de Cycles de Vie
- ◆ Modélisation multiphysique des produits et systèmes
- ◆ Ingénierie numérique
- ◆ Réalité Virtuelle - Réalité Augmentée
- ◆ Jumeaux numériques - Jumeaux hybrides
- ◆ Innovation - Développement de produits et prototypes
- ◆ Organisation industrielle - Industrie du futur

LE COMITÉ DE DIRECTION

IL ASSURE LE PILOTAGE OPÉRATIONNEL DE L'INSTITUT CARNOT ARTS



Bruno FAYOLLE / Nicolas PERRY / Shabnam ARBAB / Farid BAKIR / Bertrand COULON / Philippe VERON

Directeur	Pr Philippe VERON	<i>Arts et Métiers, LISPEN, Aix-en-Provence</i>
Directeur Adjoint	Pr Bruno FAYOLLE	<i>Arts et Métiers, PIMM, Paris</i>
Directeur du Développement	Bertrand COULON	<i>AMVALOR, Paris</i>
Responsable Conception, Industrialisation, Production	Pr Nicolas PERRY	<i>Arts et Métiers, I2M, Bordeaux</i>
Responsable Mécanique, Matériaux, Procédés	Pr Shabnam Arbab	<i>ENSTA Bretagne, IRDL, Brest</i>
Responsable Fluides et Systèmes Energétiques	Pr Farid BAKIR	<i>Arts et Métiers, LIFSE, Paris</i>

 codir@ic-arts.eu

NOTRE OFFRE AUX ENTREPRISES

DES PRESTATIONS SUR-MESURE

En choisissant le Carnot ARTS, vous avez la garantie d'une prestation **sur-mesure**, adaptée à **vos objectifs**, aux spécificités de **votre métier** et de **votre environnement**, dimensionnée en fonction de **vos besoins**.

Pour faciliter le financement de votre R&D, nous vous aidons à mettre en œuvre les dispositifs de soutien à l'innovation auxquels vous pouvez prétendre (*Crédit Impôt Recherche, France 2030, aides territoriales, diagnostics innovation, etc.*)

DES SOLUTIONS R&D INTÉGRÉES ET PLURIDISCIPLINAIRES

En mobilisant les compétences multidisciplinaires de ses 23 laboratoires, l'Institut Carnot ARTS peut proposer à chacun de ses clients **une solution globale et intégrée**, depuis l'écoconception d'un composant jusqu'à la fabrication et l'industrialisation d'un système complet.

Nous répondons à vos besoins de recherche, d'innovation et d'ingénierie **tout au long du cycle de vie de vos produits**.



55%

DE NOS CLIENTS SONT
DES TPE - PME

VOS CHARGÉS D'AFFAIRES

UN GUICHET UNIQUE EN RÉGION

Votre chargé d'affaires en région est **votre point de contact privilégié**. Il connaît votre territoire et assure **un accompagnement personnalisé de proximité**, tout en vous garantissant l'accès à l'ensemble des ressources et des compétences de notre réseau national.



Jean Baptiste CROUE
*Bretagne,
Pays de la Loire*



Ludovic LAHOUSSE
Hauts de France



Thierry SIDOT
Grand Est



Angel TATSIS
*Auvergne-Rhône-Alpes,
Bourgogne-Franche-Comté,
Nouvelle Aquitaine*



Quentin FIDELLE
Provence-Alpes-Côte d'Azur

Pilotés par

NOS PRESTATIONS

- ◆ Études R&D
- ◆ Expertises scientifiques
- ◆ Démonstrateurs et prototypes
- ◆ Mesures et essais
- ◆ Diagnostics technologiques
- ◆ Prestations techniques
- ◆ Analyses de besoin et études de faisabilité

✉ ca@ic-arts.eu

CHIFFRES CLÉS 2022

21 M€

DE CONTRATS DIRECTS
AVEC LES ENTREPRISES
POUR 700 CONTRATS ENVIRON

18 M€ DE
CONTRATS

DE RECHERCHE COLLABORATIVE
POUR 330 CONTRATS DONT 47 PROJETS EUROPÉENS

6 M€ DE CONTRATS DIRECTS
NON-ÉLIGIBLES À L'ABONDEMENT CARNOT

45 M€

DE RECETTES
DE RECHERCHE
PARTENARIALE

128 M€
BUDGET CONSOLIDÉ
ANNUEL

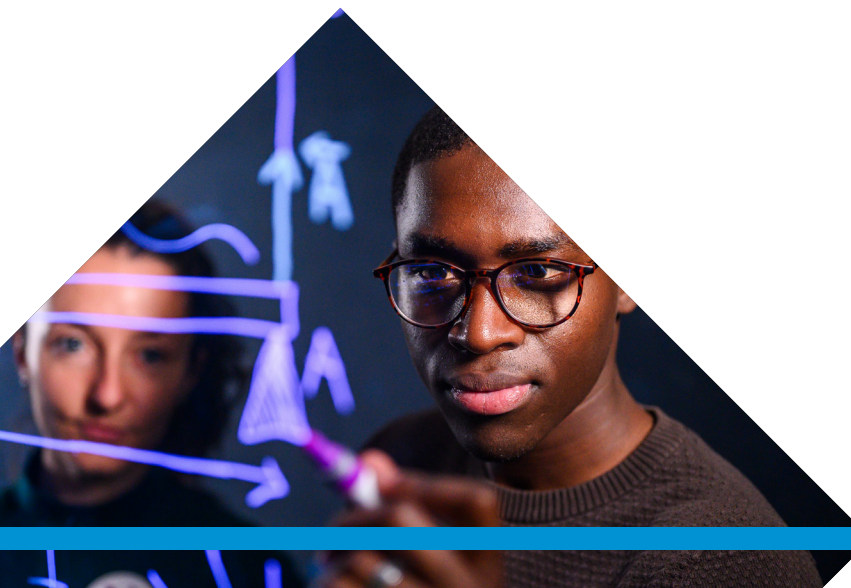
1000
ENTREPRISES
PARTENAIRES

3.2 M€
D'ABONNEMENT CARNOT
POUR CONTRIBUER AU
RESSOURCEMENT
SCIENTIFIQUE

500
BREVETS EN
PORTEFEUILLE

1600
CHERCHEURS ETP
DONT ~730 DOCTORANTS

1700
PUBLICATIONS PAR AN
DANS DES REVUES
INTERNATIONALES
INDEXÉES (RANG A)



2022

TEMPS FORTS



FÉVRIER

MARS

AVRIL

MAI

JUIN

◆ 2 février
Journée Sciences
Navales de l'Irenav

◆ 24 mars
TechDay avec la
société Staubli

◆ 12 au 14 avril
Laval Virtual

◆ 17 au 20 mai
Global Industrie

◆ 8 et 9 juin
Conférence VIP -
Viellissement des
Polymères

◆ 28 et 29 juin
Séminaire
CARNOT ARTS



JUILLET

SEPTEMBRE

OCTOBRE

NOVEMBRE

DÉCEMBRE

◆ 07 juillet
Cap'Carnot

◆ 18 au 23 septembre
JADH
(Journées d'étude
sur l'adhésion)

◆ 12 et 13 octobre
Rendez-vous
Carnot

◆ 10 au 14 octobre
LASERAP

◆ 15 au 18 novembre
Salon FORM NEXT

◆ 29 et 30 novembre
Be 4.0

AU RENDEZ-VOUS DE FRANCE RELANCE

ACCOMPAGNER LA TRANSFORMATION

ÉCOLOGIQUE ET DIGITALE DE L'INDUSTRIE

Dès décembre 2020, le Carnot ARTS s'est mobilisé autour du dispositif "Préservation de l'emploi R&D" du plan France Relance. En 2021 et 2022, plus d'une **centaine de contrats** ont été concrétisés au sein des laboratoires Carnot ARTS, majoritairement avec des **PME-ETI**. Tous les projets de recherche industrielle déployés à cette occasion ciblent la transformation écologique et digitale de l'industrie.



3 QUESTIONS À BERTRAND COULON DIRECTEUR DU DÉVELOPPEMENT

POURQUOI ? POUR QUI ?

Ce dispositif assure la prise en charge par l'Etat de 80 % de la rémunération des personnels impliqués dans des contrats de recherche entre un laboratoire public et une entreprise. Les contrats de 2 à 3 ans s'adressent à la fois aux ingénieurs en CDI dans l'entreprise qui sont accueillis dans nos laboratoires et à des jeunes diplômés que nous recrutons spécialement pour réaliser les projets de recherche de nos clients. Nous avons fortement poussé ce dispositif auprès des PME/ETI, tout en réalisant certains projets avec nos grands groupes partenaires.

COMMENT ?

C'est l'engagement et la mobilisation de nos laboratoires qui a permis ce succès. Le dispositif était complexe et il a fallu être réactif et agile. C'est dans notre ADN d'être proche des entreprises, de comprendre leurs besoins et nous adapter, tout en leur facilitant l'accès aux dispositifs de financement public. Nos partenaires font appel à nous pour lever les verrous technologiques mais c'est aussi notre mission de lever les verrous administratifs qui freinent parfois l'accès des PME aux aides à la recherche et l'innovation.

QUEL BILAN ?

C'est un vrai succès que nous devons à notre volonté d'ancrer nos relations partenariales dans la confiance et la durée. Concrètement, ces contrats ont permis de concrétiser des relations déjà amorcées ou d'accélérer des collaborations préexistantes.

Nous sommes convaincus que ce dispositif contribuera à renforcer durablement les liens entre les laboratoires publics et les industriels.



ACCÉLÉRER L'INNOVATION DES PME

Le robot de désamiantage d'ISOTOP

Cette PME d'une cinquantaine de personnes, spécialisée dans l'étanchéité, la couverture et le bardage des bâtiments industriels, souhaite développer un robot de désamiantage des toits. Le projet est conduit en partenariat avec les équipes Carnot ARTS du LCFC de Metz. Un premier prototype est testé en 2021.

◆ **Un jeune diplômé est recruté en contrat France Relance** pour accélérer la conception d'un deuxième prototype.

F *Ce sont les équipes Carnot ARTS qui nous ont présenté l'opportunité d'un recrutement soutenu par France Relance, ils ont élaboré le contrat et trouvé la bonne personne très rapidement.*

C'était une solution très avantageuse et clé en main pour permettre à notre projet de franchir un nouveau cap. Le brevet a été déposé en 2022 et dès 2023, nous pourrons fournir nos clients.

Stanislas DE BENOIST
Directeur d'ISOTOP

Les pompes du futur de SOMEFLU

Cette PME d'une soixantaine de personnes, spécialisée dans la conception et la fabrication de pompes anticorrosion en plastique et en acier, souhaite accélérer ses nombreux projets d'innovation. Depuis 2017, l'entreprise est partenaire du laboratoire LIFSE.

◆ **2 ingénieurs en CDI chez SOMFLU et une jeune diplômée bénéficient des contrats France Relance** pour optimiser les méthodes de conception des turbomachines, réaliser un banc d'essai à échelle réduite, rechercher de nouveaux polymères pour l'écoconception, développer des modèles prédictifs d'e-surveillance.

F *Dans une PME comme la nôtre, nous n'avons pas assez d'argent, ni de temps pour prendre le risque de partir d'une page blanche en termes R&D. Il faut aller chercher ailleurs les expertises. 3 contrats France Relance, c'était une occasion unique de faire le pari d'accélérer notre innovation.*

Alexandre LACOUR
Directeur de SOMEFLU

LA STRATÉGIE DE DÉVELOPPEMENT EN ACTIONS

AU PLUS PRÈS DES BESOINS DES PME/ETI : DIAGNOSTICS INDUSTRIE DU FUTUR EN RÉGIONS

Le Carnot ARTS s'est investi dans le déploiement des Diagnostics Industrie du Futur dans les régions Nouvelle Aquitaine et Grand Est. Cette démarche d'accompagnement des territoires vers l'industrie du futur et la transition environnementale et digitale des entreprises est également l'occasion d'un rapprochement fort avec les nouvelles structures et écosystèmes en région (European Digital Innovation Hubs, plateformes d'accélération, clusters d'entreprises...).

- ◆ 250 entreprises diagnostiquées entre octobre 2020 et décembre 2021
- ◆ 150 entreprises diagnostiquées en 2022
- ◆ 35 entreprises identifiées comme prioritaires et suivies par nos chargés d'affaires

TECHDAYS : CO-CONSTRUIRE DES RÉPONSES R&D SUR MESURE

S'appuyant sur une démarche structurée d'identification des entreprises à haut potentiel de R&D, de compréhension et d'analyse de leurs besoins puis de cartographie et de catalogage de nos compétences ad hoc, les Techdays sont des journées privilégiées d'échanges entre nos scientifiques et les experts industriels.

Les thématiques scientifiques et technologiques sont choisies par nos partenaires et nous élaborons ensemble le contenu et le programme de la journée.



Vous êtes intéressés pour organiser un TechDay dans votre entreprise, contactez-nous : codir@ic-arts.eu

GRANDS GROUPES INDUSTRIELS : DES PARTENARIATS PLURIANNUELS ET STRUCTURANTS

F *L'un des enjeux avec les grands groupes est de leur fournir une vision globale de toutes les relations qu'ils entretiennent déjà souvent avec plusieurs de nos laboratoires depuis de nombreuses années.*

L'expérience montre qu'ils ont rarement à disposition cette vision agrégée à l'échelle du Carnot ARTS. C'est à nous de produire cette synthèse qui prouve l'assise scientifique et technologique d'excellence de l'ensemble de nos équipes.

Exposer un spectre large et une continuité d'actions permet d'ouvrir des formats de collaboration pérennes, comme les chaires de recherche, en mobilisant au-delà des compétences déjà identifiées par l'industriel.

*Professeur Nicolas PERRY
Comité de Direction Carnot ARTS*



2 Chaires de recherche industrielle sur 5 ans avec des leaders mondiaux

Chaire BELISAMA

avec Safran Aircraft Engines sur « la maîtrise des systèmes hydro-mécaniques haute vitesse » pour développer l'avion du futur.

F *Pour relever le défi environnemental, l'industrie aéronautique doit se réinventer. Cela implique une véritable rupture en termes d'architecture du moteur.*

C'est maintenant que nous devons produire les efforts de recherche afin de tenir l'engagement du zéro émission nette de CO₂ d'ici 2050.

*Jérôme BONINI - Directeur R&T
de Safran Aircraft Engines*

Chaire Ψ ML

avec SKF Magnetic Mechatronics pour optimiser les performances des systèmes de levitation magnétique grâce aux jumeaux numériques hybrides et au Scientific Machine Learning

F *Nous avons choisi notre partenaire pour ses compétences dans le domaine du calcul scientifique et en particulier de la réduction de modèle, ainsi qu'une forte activité dans les domaines du Scientific et du Physics Informed Machine Learning.*

*Joël MOUTERDE - Directeur de la digitalisation
de SKF Magnetic Mechatronics*

PROJETS DE RESSOURCEMENT SCIENTIFIQUE

ANTICIPER LES INNOVATIONS DE DEMAIN

Chaque année, l'institut Carnot ARTS coordonne et finance des projets de recherche à fort potentiel d'innovation et de développement industriel.

Ces projets qui bénéficient de l'abondement Carnot permettent à nos laboratoires d'explorer des technologies de rupture visant à anticiper les besoins des industriels.

18
PROJETS DE
RESSOURCEMENT
SCIENTIFIQUE

6 PROJETS
STRUCTURANTS
EN COURS



Si vous souhaitez en savoir plus sur ces projets, n'hésitez pas à nous contacter à contact@ic-arts.eu



SANTÉ



MANUFACTURING



ÉCONOMIE BLEUE



ÉCONOMIE CIRCULAIRE



FILIÈRE HYDROGÈNE



INDUSTRIE DU FUTUR

RehabByExo

Développer un exosquelette pour la rééducation des patients hémiparétiques sévères suite à un AVC, afin de permettre la récupération des capacités fonctionnelles de locomotion.

- ◆ **5 laboratoires Carnot ARTS** : LAMPA, IBHGC, LIPSEN, LAMIH, LCPI
- ◆ **Partenaires du projet** : CHU de Bordeaux

ScCRYO₂

Mesurer la pertinence et l'impact de l'assistance à l'usinage par CO₂ super critique comme alternative plus écologique et plus saine aux huiles de coupe, afin d'améliorer la durée de vie des outils et la qualité des pièces produites.

- ◆ **4 laboratoires Carnot ARTS** : LIFSE, LABOMAP, I2M Chambéry, LAMPA
- ◆ **Partenaires du projet** : Carnot CETIM, Région Pays de la Loire, Région Bourgogne Franche Comté, Angers Loire Métropole

SMARTFOIL

Étendre le concept de surfaces intelligentes aux applications navales grâce à la mise en œuvre de matériaux "actifs" pour le contrôle vibratoire ou le contrôle de forme.

- ◆ **8 laboratoires Carnot ARTS** : LMSSC, IRENAV, PIMM, LISPEN, L2EP, LMFL, GEORGIA TECH, LEM3
- ◆ **Partenaire du projet** : Région Hauts-de-France

SCD2

Démontrer l'usage des technologies de l'industrie 4.0 pour la récupération de composants encore fonctionnels ou de pièces à forte valeur ajoutée économique ou à enjeux matériaux.

- ◆ **6 laboratoires Carnot ARTS** : I2M, LISPEN, LAMIH, L2EP, LCFC, ESTIA-R
- ◆ **Partenaires du projet** : Carnot CETIM, Carnot Énergies du Futur, Région Nouvelle Aquitaine

OptUseH2

Développer un Jumeau Numérique permettant la gestion en temps réel des paramètres d'utilisation des systèmes hydrogène afin d'optimiser leur durabilité et l'adéquation entre efficacité énergétique et besoins.

- ◆ **4 laboratoires Carnot ARTS** : PIMM, I2M, LIFSE, LEM3
- ◆ **Partenaires du projet** : ESILV, ESTACA

DAMAS

Réaliser 6 démonstrateurs illustrant les approches complémentaires de l'usage du numérique au service des procédés de fabrication.

- ◆ **7 laboratoires Carnot ARTS** : IRDL, LISPEN, LAMPA, LCFC, PIMM, LEM3, LAMIH



ALLIANCES INTER-CARNOT

Au sein des 14 alliances Carnot, plusieurs Instituts Carnot mettent en synergies leurs ressources et leurs expertises pour répondre aux enjeux R&D d'un même secteur.

4 Le Carnot ARTS
s'est positionné fortement sur
alliances Carnot



INDUSTRIE
DU FUTUR



MOBILITÉS



ÉCONOMIE
BLEUE



SANTÉ DIGITALE ET
DISPOSITIFS MÉDICAUX

INDUSTRIE DU FUTUR

- ◆ Favoriser l'émergence d'une nouvelle offre française de solutions « industrie du futur » en embarquant tous les acteurs de la chaîne de valeur (du composant élémentaire au système complexe).
- ◆ Contribuer à la décarbonation par l'usage des technologies.
- ◆ Donner de la valeur à l'outil de production, au site d'exploitation et à ses organisations.
- ◆ Concevoir et réaliser des produits innovants et écoresponsables, intégrant de nouveaux services.

MOBILITÉS

Tous modes de transports et de mobilités de surface (dont fluvial) et aériennes

- ◆ Décarboner les mobilités.
- ◆ Optimiser les performances énergétiques.
- ◆ Concevoir des matériaux et procédés plus performants et plus durables.
- ◆ Développer et optimiser les outils numériques.
- ◆ Innover dans le transport multi-modal et servir les nouveaux usages.
- ◆ Contribuer au bien-être des usagers et des riverains en préservant l'environnement.

IF Historiquement positionné aux côtés des grands acteurs de la mobilité et de l'industrie du futur, le Carnot ARTS se devait d'assumer un rôle moteur au sein de ces 2 alliances stratégiques à fort impact environnemental et à fort enjeu de souveraineté européenne.

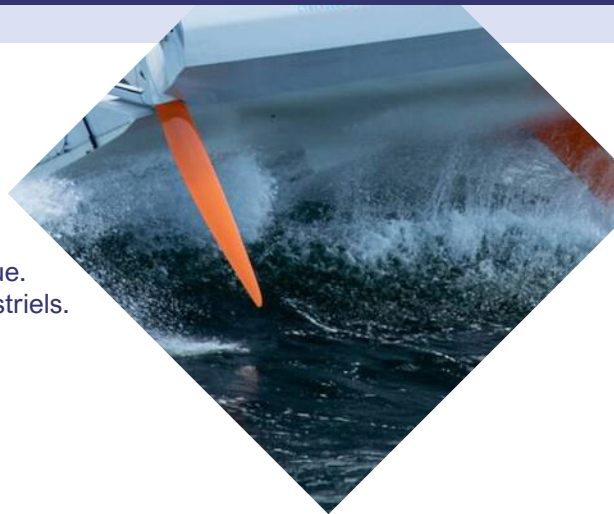
2022 a marqué un tournant majeur dans la structuration de ces 2 réseaux inter-Carnot : mise en place des instances de pilotage et des groupes de travail, définition des objectifs, élaboration de catalogues de compétences, coordination des actions communes et des démarches envers les industriels.

Professeur Bruno FAYOLLE
Comité de direction du Carnot ARTS



ÉCONOMIE BLEUE

- ◆ Répondre aux attentes suscitées par les enjeux sociétaux et économiques majeurs de l'économie bleue.
- ◆ Faire connaître l'offre du Réseau des Carnot aux industriels.
- ◆ Faire remonter au sein de l'alliance les verrous scientifiques et technologiques perçus par la filière.
- ◆ Innover sur les thèmes des énergies marines, de la conversion et du stockage d'énergie, des navires du futur, des structures et matériaux, de la préservation des écosystèmes marins et de l'environnement.



La participation à cette alliance consolide notre forte proximité avec le Carnot MERS, copilote du réseau Économie bleue. Nos expertises sectorielles reconnues en ingénierie marine, en mécanique des fluides et systèmes énergétiques, ainsi que notre expérience des précédents grands projets structurants, comme le projet SMARTFOIL sur les navires du futur nous ont permis d'acquérir une maturité de synergie à l'échelle du Carnot ARTS.

Dès l'année prochaine, la finalisation de la charte de moyens et d'objectifs au niveau de l'alliance et la mise en œuvre de grands projets inter-Carnot fédérateurs donnera à l'alliance Economie Bleue une nouvelle dimension opérationnelle.

*Professeure Shabnam ARBAB
Comité de direction du Carnot ARTS*



SANTÉ DIGITALE ET DISPOSITIFS MÉDICAUX

- ◆ Répondre aux grands défis actuels de santé publique et de mieux-être des individus.
- ◆ Favoriser les coopérations efficaces entre cliniciens et industriels du secteur.
- ◆ Concevoir des solutions innovantes au service de la santé.
- ◆ Développer le recours à l'innovation dans la prise en charge du patient.
- ◆ Écoconcevoir et prototyper des dispositifs médicaux innovants



Cette alliance représentera une plateforme authentique dédiée aux échanges et aux interactions entre les Instituts de Santé et les Instituts de Technologie. Son objectif premier sera de mieux répondre aux besoins des patients tout en favorisant l'émergence de solutions novatrices. Cette mission s'articulera autour de la création de chaires collaboratives impliquant à la fois des partenaires industriels et le soutien actif aux startups prometteuses issues de nos laboratoires.

Au sein du Carnot ARTS, cette démarche a déjà impulsé une dynamique réelle, permettant l'identification et la mise en synergie de nos compétences pointues dans des domaines variés tels que la biomécanique, la cardiologie, le sport, les pathologies rachidiennes, l'accidentologie et la réhabilitation.

*Professeur Farid BAKIR
Comité de direction du Carnot ARTS*



PLATEFORMES TECHNOLOGIQUES : SUCCESS STORIES 2022

Les compétences du Carnot ARTS sont structurées autour de 16 plateformes technologiques de pointe.

Chaque année, des success stories concrétisent l'excellence du Carnot ARTS sur ses 16 pôles d'expertise.



Pour en savoir plus sur chacune des plateformes technologiques



16

PLATEFORMES
TECHNOLOGIQUES
DE POINTE



Bois

- ◆ Compréhension des mécanismes d'endommagement et modélisation expérimentale des opérations de déroulage.
- ◆ Développement d'un démonstrateur de classification de douelles par mesure d'angle de fil.



Biomécanique

- ◆ Identification des paramètres biomécaniques caractérisant la locomotion des personnes amputées.
- ◆ Conception d'écosystème d'apprentissage dédié aux troubles neuro-musculo-squelettiques.

Composites et polymères

- ◆ Impact de l'origine du chanvre et du lin sur les propriétés mécaniques de matériaux biocomposites.
- ◆ Développement d'une ACV permettant d'orienter les choix d'économie circulaire pour les composites et les emballages dès la conception.
- ◆ Analyse du processus de fissuration et de perte d'étanchéité dans les réservoirs composites cryogéniques.



Conception de produits et prototypes

- ◆ Méthodologie validant l'efficacité des processus d'écoconception et la pertinence des produits écoconçus.
- ◆ Faisabilité d'un processus de génération de patrons de liners de bassins à partir de nuages de points.



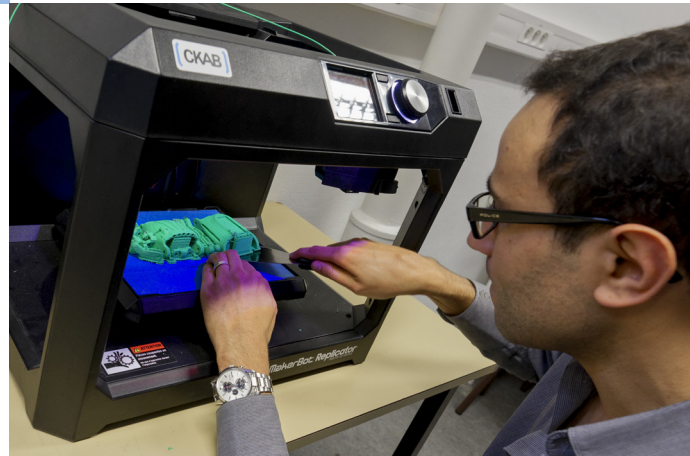


Contrôle non-destructif

- ◆ Développement d'un appareil et de méthodes d'analyse permettant la caractérisation des endommagements des surfaces d'usure spécifique au matériau.
- ◆ Développement d'une cellule robotisée de contrôle CND multi-instrumentée.

Fabrication additive et procédés laser

- ◆ Fiabilisation d'une méthodologie de fabrication additive de roues de pompe, de diffuseurs et de redresseurs rotodynamiques en polymères ou composites biosourcés ou recyclés.
- ◆ Optimisation de la mise en forme de polymères hautement chargés de poudres métalliques par le procédé de fabrication additive de dépôt de fil.



Fatigue - Choc - Tenue en service

- ◆ Durabilité de matériaux polymères ignifugés, imprimables en 3D pour application ferroviaire.
- ◆ Influence du grenailage sur la résistance en fatigue d'un acier.
- ◆ Tenue à la fatigue des structures obtenues par fabrication additive arc-fil.



Fonderie

- ◆ Étude de recherche sur la faisabilité du réemploi de copeaux d'usinage en fonderie acier.
- ◆ Étude R&D d'une nouvelle métallurgie pour cylindre de laminoir.
- ◆ Impression 3D de moules sable pour l'optimisation de la coulée de pièces complexes.

Forge et déformations plastiques

- ◆ Interactions produit-processus de fabrication pour le forgeage des composites massifs à fibres continues.
- ◆ Optimisation du procédé de forge pour limiter les variabilités de fabrication de cupules de prothèses de hanches.



Gestion de l'énergie électrique

- ◆ Développement d'un prototype de switch intelligent pour l'optimisation de la sécurisation des réseaux en environnement industriel.
- ◆ Cybersécurité de micro réseaux incluant des sources d'énergie renouvelable.
- ◆ Étude de recherche exploratoire sur la gestion de l'énergie embarquée d'un voilier.

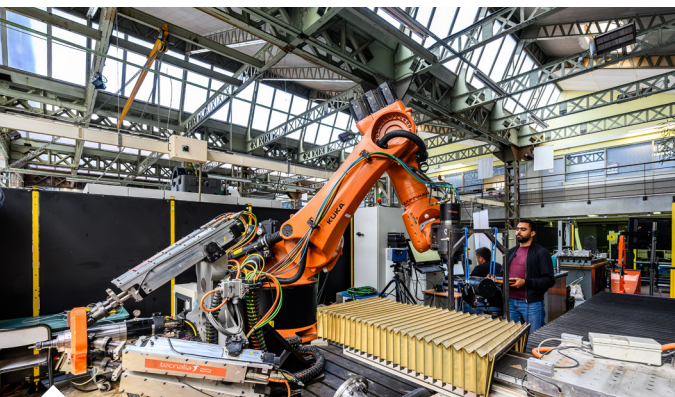


Grandes souffleries

- ◆ Réduction de la consommation ferroviaire grâce au contrôle actif de la trainée aérodynamique induite par des écoulements de cavités.
- ◆ Étude des performances aérodynamiques d'une aile gonflable pour la propulsion éolienne de navires.
- ◆ Conception et fabrication d'une maquette à échelle réduite d'un propulseur éolien de type aile aspirée.

Procédés d'usinage

- ◆ Impact de l'assistance cryogénique pour l'usinage de pièces en molybdène.
- ◆ Étude d'un processus de fabrication d'éoliennes.
- ◆ Impact de l'usinage de finition à l'outil diamant sur l'intégrité de surface des composites à matrice céramique.
- ◆ Développement d'un jumeau numérique hybride d'un centre d'usinage multi-axes, piloté par les données en temps réel, afin de le rendre intelligent et autonome.



Robotique industrielle

- ◆ Étude de faisabilité de systèmes de ponçage robotisé par télé-opération.
- ◆ Développement d'un prototype robotisé de système de pose d'insert pour panneaux sandwich.

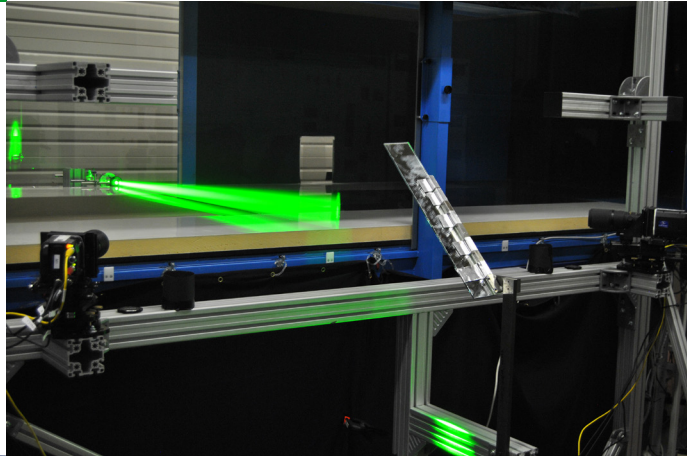


Simulateurs et réalité virtuelle

- ◆ Jumeau numérique apprenant pour la maintenance des moteurs.
- ◆ Méthode de détection de la perte d'autonomie des seniors grâce à un dispositif de réalité mixte et un algorithme de raisonnement artificiel.

Traitements et fonctionnalisation de surface

- ◆ Développement de structures lattices très hautes performances.
- ◆ Nitruration et nitro-carburation gazeuse d'aciers à outils : influences des paramètres matériaux et procédés sur les propriétés en service des surfaces.



Turbomachines et systèmes énergétiques

- ◆ Stabilité aérodynamique d'un projectile et étude en simulation du mouvement pour l'industrie de la mer.
- ◆ Étude de la propagation acoustique en milieux complexes dans une turbomachine subsonique.
- ◆ Modélisation par Machine Learning d'écoulements turbulents dans les turbomachines.

CAP VERS 2023 :



CONFORTER NOTRE ANCRAGE TERRITORIAL EN CAPITALISANT SUR LES DIAGNOSTICS INDUSTRIE DU FUTUR

- ◆ Finaliser le pilotage des campagnes de diagnostics Industrie du Futur : 100 entreprises supplémentaires en 2023 et 150 en 2024 ;
- ◆ Consolider les résultats et assurer le suivi d'entreprises ciblées à fort potentiel de R&D ;
- ◆ Identifier les projets et les acteurs en lien avec les nouveaux écosystèmes territoriaux.



PÉRENNISER LES TECHDAYS EN AFFINANT LE CIBLAGE ET EN S'INSCRIVANT DANS LA DYNAMIQUE DU RÉSEAU DES CARNOT

- ◆ Articuler les ciblage par entreprises / thématiques / secteurs d'activités ;
- ◆ Contribuer aux animations et aux actions envers les grands groupes portées par l'Association des instituts Carnot ;
- ◆ Développer les coopérations inter-Carnot.

PERSPECTIVES



DÉPLOYER DES ACTIONS CONCRÈTES POUR FAIRE VIVRE LES ALLIANCES CARNOT SUR LE TERRAIN

- ◆ Promouvoir les alliances auprès de nos chercheurs ;
- ◆ Favoriser les projets de ressourcement inter-Carnot ;
- ◆ Poursuivre la structuration de l'offre de compétences à l'échelle de chaque alliance ;
- ◆ Multiplier les actions et les animations collectives pour porter l'offre de compétences multi-Carnot auprès des industriels.

ACCOMPAGNER NOS ÉQUIPES DE RECHERCHE

- ◆ Valoriser les projets de ressourcement scientifique ;
- ◆ Développer les occasions d'échanges avec les industriels ;
- ◆ Faire rayonner les activités de recherche auprès des partenaires institutionnels et socio-économiques ;
- ◆ Multiplier les événements en régions.



**QUELQUES-UNS
DE NOS PROJETS
EUROPÉENS:**

La reconnaissance internationale
de nos compétences

COMETAS	Concevoir simultanément des métamatériaux et les structures destinées à exploiter leurs propriétés.
DOMMINIO	Développer des méthodes digitales innovantes pour concevoir, fabriquer, entretenir et pré-certifier des pièces d'avion multifonction et intelligentes.
EDIH	Les pôles européens d'innovation numérique aident les entreprises à relever les défis numériques, prioritairement sur l'AI, la Cybersécurité et le Calcul Haute Performance. Le Carnot ARTS est directement impliqué dans les dispositifs de 4 régions : Bourgogne-Franche-Comté (DEDICATED BFC), Grand Est, Hauts de France (GreenPowerIT), Nouvelle Aquitaine (DIHNAMIC).
FASTMAT	Développer une nouvelle méthode et des nouveaux outils réduisant considérablement le temps nécessaire à la détermination du comportement à la fatigue.
INEDIT	Créer une double plateforme - numérique et physique - pour démontrer les potentiels d'une démarche « Do It Together » permettant une coconception à l'échelle mondiale, puis une production locale, en réduisant l'impact environnemental et en impliquant les utilisateurs finaux dans des choix de consommation éthiques et écoresponsables.
ISOLA	Développer une approche systématique et automatisée de la sécurité des navires en intégrant des technologies innovantes pour la détection, la surveillance, la fusion des données, l'alarme et le reporting en temps réel en cas d'incidents.
MARS	Ouvrir aux PME l'accès aux technologies de pointe dans le domaine des processus de fabrication numérique pilotés par IA et leur donner la possibilité d'intégrer des chaînes de conception et production réparties géographiquement et adaptées aux ressources, besoins et spécificités locales.
MORPHO	Intégrer des capteurs à fibre optique dans chaque aube de turbine d'avion pour les doter de capacités cognitives et développer un jumeau numérique/hybride pour améliorer leur processus de fabrication et leur disponibilité opérationnelle, tout en garantissant la sécurité.
PIONNER	Développer une plateforme d'innovation ouverte et un pipeline numérique interopérable, connectant les différentes technologies dans le but d'optimiser la conception industrielle par simulation et d'améliorer l'efficacité des processus de production.
ReMAP	Optimiser la maintenance aéronautique en substituant aux inspections fixes, des interventions ciblées et conditionnées par l'état de l'appareil grâce à un système intelligent. Le bénéfice estimé de ce projet pour l'aéronautique européenne est de 700 M € par an.
R3GROUP	Favoriser la résilience des entreprises et la reconfiguration rapide de leurs chaînes de production. Le projet s'appuiera sur le développement de démonstrateurs industriels dans les secteurs de l'automobile, de l'industrie textile, de l'électroménager des produits manufacturés en métaux, caoutchouc et plastique.
TeaM CABLES	Développer les outils et méthodologies pour une gestion efficace et sûre du vieillissement des câbles de centrales nucléaires.
THREAD	Développer les modélisations mécaniques, mathématiques et numériques pour la conception de structures élancées hautement flexibles et l'analyse de leurs réponses aux conditions réelles d'utilisation.
UPSCALE	Intégrer l'IA dans les méthodes traditionnelles d'ingénierie assistée par ordinateur pour réduire le temps de développement des véhicules électriques et augmenter leur performance.



INSTITUT
CARNOT ARTS

151 bd de l'Hôpital 75013 PARIS
+33 (0)1 71 93 65 66

www.ic-arts.eu

contact@ic-arts.eu



Institut Carnot ARTS



Institut Carnot ARTS

Communication institut Carnot ARTS - Juillet 2023

Création graphique : Cassandre DA COSTA

Crédits : AMVALOR, Arts et Métiers, Canva,
Alexis CHEZIERE, Alexandre CAFFIAUX, Dmitry STESHENKO,
Konstantin KOLOSOV, Lotfi DAKHLI, Romain GRIMALDI,
Sacha HERON, Stephen MEYER,
SOMEFLU, ISOTOR, PRILL