

LA
RECHERCHE
À l'ENSTA Paris

STRATÉGIE DE RECHERCHE

Directeur > **Patrick Massin**

www.ensta-paris.fr/fr/la-recherche



La stratégie de recherche de l'ENSTA Paris se déploie à destination de trois domaines économiques applicatifs majeurs qui sont **l'énergie durable, le transport et la défense.**

Elle est mise en œuvre au travers de 6 unités d'enseignement et de recherche (UER) :

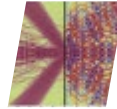
- > UER de chimie et procédés (UCP)
- > UER d'informatique et d'ingénierie des systèmes (U2IS)
- > UER de mathématiques appliquées (UMA)
- > UER de mécanique (UME)
- > UER d'optique appliquée (LOA)
- > UER d'économie appliquée (UEA)





Conception de systèmes autonomes

Enjeux industriels : véhicules autonomes, drones, systèmes en réseau, sûreté de fonctionnement, robotique industrielle.



Propagation d'ondes et vibrations

Enjeux industriels : protection d'installations, métamatériaux, génie parasismique, actionneurs et capteurs, furtivité.



Sciences de l'optimisation et des données

Enjeux industriels : gestion de la production électrique, smartgrids, planification des transports, trajectographie spatiale, science des données.



Physique des plasmas-lasers ultra brefs

Enjeux industriels : lasers compacts intenses et haute cadence, protection électromagnétique, brouillage électro-magnétique, thérapie laser-plasma, radiobiologie et radiothérapie, ophtalmologie par laser.



Durabilité des matériaux, composants et structures

Enjeux industriels : tenue des structures, longévité des matériaux, tenue au vieillissement des technologies nouvelles, infrastructures de stockage, actionneurs en matériaux à mémoire de forme.



Imagerie et contrôle non destructif

Enjeux industriels : diagnostic et maintenance d'installations, détection de défauts, surveillance de l'état des structures, imagerie médicale et industrielle haute résolution, auscultation et prospection, imagerie ultrasonore.



Procédés et matériaux pour l'énergie

Enjeux industriels : produits biosourcés (H2), stockage d'énergie, captage CO2, maîtrise des risques industriels, optimisation de procédés, réparation de composants.

CHIMIE ET PROCÉDÉS

Directeur > **Laurent Catoire**
ucp.ensta-paris.fr



THÈMES DE RECHERCHE

- > Combustion et thermochimie
- > Hydrates de gaz
- > Filière hydrogène
- > Thermodynamique
- > Synthèse organique
- > Synthèse minérale

TAILLE DE L'UNITÉ

- > 9 enseignants-chercheurs et chercheurs
- > 8 doctorants
- > 1 post-doctorant
- > 2 assistants-ingénieurs
- > 1 informaticien
- > 1 gestionnaire

MOTS CLÉS

- > Filière hydrogène
 - > Chimie verte
- > Thermodynamique des procédés
 - > Génie des procédés
 - > Électrolytes
 - > Réfrigération
 - > Combustion
 - > Clathrates

ÉQUIPEMENTS VALORISABLES

- > DSC (Differential scanning calorimeter)
- > RMN (Résonance magnétique nucléaire)
 - > Rhéomètre haute pression
- > Thermobalance haute pression
 - > Heat Flux Burner
- > ATG couplée GC-MS
- > Pyrolyseur/TCD



CHAMPS

D'APPLICATION

DES RECHERCHES



- > Recherche amont (TRL jusqu'à 4) appliquée au secteur de l'énergie durable : hydrogène, biocarburants de nouvelle génération, filière H2, nouveaux fluides de réfrigération, combustion, émission de polluants, matériaux énergétiques.
- > Étude de nouvelles réaction écocompatibles : réactions multicomposants, chimie verte, catalyse...



PARTENAIRES INDUSTRIELS

- > NEXTER
- > Air Liquide
- > ARKEMA
- > ArianeGroup
- > MBDA
- > ONERA
- > CEA Saclay
- > CEA Gramat
- > IFPen
- > EDF



GRANDS PROJETS DE L'UNITE

- > Pilote hydrogène
- > CARNOT M.I.N.E.S. (CARNOT 4)
- > DIM RESPORE
- > EUR E4C
- > Sesame RMN
- > AID Matériaux énergétiques



PARTENAIRES ACADÉMIQUES

- > CTP (Mines ParisTech)
- > ICARE (UPR 3021 CNRS)
- > Unité Génie des procédés frigorifiques de l'INRAE
- > LGPM (École centrale de Paris)
- > EM2C (Centrale Supélec)
- > Heriot Watt University (Écosse)
- > Texax A&M (États-Unis)
- > ENS Ulm (Allemagne)
- > MIT (États-Unis)



INFORMATIQUE ET INGÉNIERIE DES SYSTÈMES



Directeur > **David Filiat**
u2is.ensta-paris.fr

THÈMES DE RECHERCHE

- > Robotique et Intelligence artificielle
- > Vision et perception
- > Interaction humain-robot
- > Conception et validation des systèmes à forte autonomie décisionnelle
- > Systèmes hybrides et cyber-physiques

MOTS CLÉS

- > Systèmes embarqués critiques
 - > Sécurité de fonctionnement
 - > Architecture des systèmes
 - > Systèmes autonomes
 - > Systèmes hybrides
- > Apprentissage automatique
 - > Robotique
 - > Vision par ordinateur

TAILLE DE L'UNITÉ

- > 15 enseignants-chercheurs et chercheurs
- > 3 post-doctorants
- > 15 doctorants
- > 2 ingénieurs et techniciens
- > 1 gestionnaire

ÉQUIPEMENTS VALORISABLES

- > 3 robots mobiles Pioneer (Mobile Robots)
- > 6 robots humanoïdes Naos (Aldebaran Robotics)
 - > 2 robots humanoïdes ZENO (Hanson)
 - > 2 robots PEPPERS
 - > 2 robots Husky
- > 1 robot humanoïde MEKA sur base mobile
- > 1 chaîne de conception de CAO et un ensemble de cartes électroniques multi-FPGA
 - > 1 plateforme système radio-logicielle
- > 1 oscilloscope Tektronix TDS7254B 2,5 GHZ



CHAMPS

D'APPLICATION

DES RECHERCHES



- > Systèmes de transport : automatisation partielle ou complète des systèmes de transport
- > Énergie et production : pilotage et automatisation des lignes de production
- > Robotique de service : usages professionnels (robot d'intervention) – Robotique sociale (robot d'aide aux personnes âgées, aux enfants autistes)
- > Systèmes de défense : robotique d'assistance, partage d'autorité entre humains et systèmes, système de vision sémantique



PARTENAIRES INDUSTRIELS

- > NAVAL GROUP
- > RENAULT
- > AKKA
- > SOFTBANK Robotics
- > SEGULA
- > MBDA
- > SAFRAN
- > SNCF
- > NEXTER
- > DASSAULT AVIATION



PARTENAIRES ACADÉMIQUES

- > LiX
- > CEDRIC
- > CEA
- > LIP6
- > INRIA
- > Arts et Métiers ParisTech
- > ENSTA Bretagne
- > TU Munich (Allemagne)
- > Université de Bucarest (Roumanie)
- > ONERA



GRANDS PROJETS DE L'UNITÉ

- > H2020 VeriDREAM, avec Sorbonne Université, DLR (Allemagne), Magazino (Allemagne)
- > Laboratoire Commun d'Innovation en Intelligence Artificielle (LC2IA), avec Naval Group
- > Laboratoire Commun Robotics by Design, avec Strate École de Design
- > Chaire Ingénierie des Systèmes Complexes, avec X, Telecom, Naval Group, Thales, DGA

MATHÉMATIQUES APPLIQUÉES



Directeur > **Frédéric Jean**
uma.ensta-paris.fr

THÈMES DE RECHERCHE

- > Modélisation et simulation numérique des phénomènes de propagation d'ondes.
- > Contrôle non destructif et problèmes inverses s'appuyant principalement sur des ondes.
- > Optimisation et recherche opérationnelle dans un contexte déterministe ou stochastique.
- > Commande des systèmes et systèmes dynamiques
- > Analyse stochastique et contrôle optimal stochastique

MOTS CLÉS

- > Modélisation mathématique
- > Calcul haute performance
- > Recherche opérationnelle
 - > Analyse mathématique
 - > Simulation numérique
 - > Optimisation continue
 - > Analyse stochastique
- > Commande optimale
 - > Analyse numérique
 - > Éléments finis

TAILLE DE L'UNITÉ

- > 24 enseignants-chercheurs et chercheurs
- > 24 doctorants
- > 3 post-doctorants
- > 4 ingénieurs et techniciens
- > 2 gestionnaires

ÉQUIPEMENTS VALORISABLES

- > 11 serveurs de calculs
(4 cores à 32 cores, 32 Go à 1 To de RAM)
- > 1 cluster de 32 nœuds
(532 cores, 1 To de RAM)
- > 2 serveurs GPU
(Tesla et Kepler)



CHAMPS

D'APPLICATION

DES RECHERCHES



- > Énergie : optimisation et contrôle appliqués aux réseaux d'électricité
- > Transports : commande véhicules hybrides, lanceurs spatiaux
- > Modélisation du vivant : mouvement humain
- > Propagation des ondes acoustiques, électromagnétiques, sismiques dans les domaines des transports, de l'énergie et de la défense
- > Contrôle non destructif et imagerie par ultrasons



PARTENAIRES INDUSTRIELS

- > CEA
- > CNES
- > DGA
- > EDF
- > Efficacity
- > Naval Group
- > ONERA
- > RTE
- > SNCF



GRANDS PROJETS DE L'UNITÉ

- > ANR NonlocalDD
- > AID Navigation multitâche par contrôle optimal et méthodes d'apprentissage par renforcement
- > DGA Outils numériques pour les problèmes de diffraction en régime haute-fréquence
- > DGA Méthodes de RO pour la conception de réseaux optimaux et robustes
- > Projet Smartgrids
- > Code de calcul XLiFE++



PARTENAIRES ACADÉMIQUES

- > FMJH, LMH
- > PGMO
- > CNRS
- > INRIA
- > École des Ponts ParisTech
- > CNAM
- > Institut Fresnel (Marseille)
- > Bielefeld (Allemagne)
- > GeorgiaTech (USA)
- > CONYCIT (Chili)



THÈMES DE RECHERCHE

Les thèmes de recherche de l'IMSIA portent sur la mécanique de systèmes complexes, fluides et solides, depuis les fondements théoriques jusqu'à la valorisation, avec un accent fort sur les défis et verrous scientifiques associés aux applications industrielles.

- > Durabilité des matériaux et des structures et couplage multi-physique
- > Dynamique des structures et des fluides et acoustique
- > Méthodes numériques, plateformes de capitalisation, méthodes inverses et identification

MOTS CLÉS

- > Fatigue et durabilité des matériaux et des structures
- > Couplages thermomécaniques et multiphysiques
- > Vibrations non-linéaires de structures
- > Écoulements séparés et turbulence
 - > Interaction fluide-structure
 - > Méthodes numériques
- > Mécanique des fluides numérique
 - > Matériaux innovants (matériaux fonctionnels et actifs)
 - > Acoustique
- > 1 PIV (Imagerie par visualisation de particules) haute vitesse
 - > 2 machines d'essais hydrauliques
- > 1 machine uniaxiale électromécanique
 - > 1 robot de soudage
 - > 1 électro-aimant dynamique
- > 1 microscope électronique à balayage
 - > 1 diffractomètre à rayons X
 - > 1 calorimètre différentiel (DSC),
 - > 1 équipement de nano-indentation
- > 1 caméra de thermographie infrarouge

TAILLE DE L'UNITÉ

- > 59 enseignants-chercheurs et chercheurs
- > 8 post-doctorants
- > 35 doctorants
- > 5 ingénieurs et techniciens

ÉQUIPEMENTS VALORISABLES

- > 4 souffleries
- > 1 tunnel de cavitation
 - > 1 veine verticale
- > 1 chambre anéchoïque
 - > 1 table tournante
 - > 3 vibromètres laser
 - > 1 caméra ultra-rapide
- > 4 anémomètres à fil chaud
- > 1 microscope électronique à balayage
 - > 1 diffractomètre à rayons X
 - > 1 calorimètre différentiel (DSC),
 - > 1 équipement de nano-indentation
- > 1 caméra de thermographie infrarouge

CHAMPS

D'APPLICATION

DES RECHERCHES



- > Transport : automobile, ferroviaire et maritime
- > Énergie décarbonnée : nucléaire, éolien, nouvelles méthodes de récupération d'énergie
- > Défense : matériaux, dynamique, thermomécanique
- > Climat et environnement : environnement marin, environnement sonore
- > Santé : nouveaux matériaux



PARTENAIRES INDUSTRIELS

- > EDF
- > CEA
- > PSA Peugeot Citroën
- > RENAULT
- > GIE S2A souffleries industrielles
- > DGA
- > SNCF
- > NEXTER



GRANDS PROJETS DE L'UNITÉ

- > Projet X-ENSTA de centre de fabrication additive (FA) associant recherche-innovation-entrepreneuriat et formation (soutenu par la DGA) : acquisition d'une imprimante 3D métallique, la machine Mobile CLAD® de la société BEAM pour fabriquer ou réparer de pièces métalliques complexes
- > Projets EDF-CEA sur le comportement des structures sous écoulement et sur l'usure.
- > Projet européen Marie Curie ITN (Innovative Training Network) : VRACE « Virtual Reality Audio for Cyber Environments », Pays : France, Autriche, Allemagne, Pays-Bas, Belgique, Finlande, Royaume Uni



PARTENAIRES ACADÉMIQUES

LMS, LADHYX, PMMH, SATIE, ONERA, LIMSI, IJLRDA

Universités étrangères :

- > SINTE, Trondheim (Norvège)
- > Imperial College, Université d'Édimbourg, Université de Manchester, Université de Brighton (UK)
- > Northwestern Polytechnical University à Xi'an, Shanghai Jiao Tong University (Chine)
- > Université de Liège, Université de Gant, Université de Louvain (Belgique)
- > Mc Master University (Canada)
- > Indian Institute of Technology, Kanpur (Inde)
- > Université de Naples (Italie)
- > Earth Observatory of Singapore, Nanyang Technological University (Singapour)
- > Université Bogazici (Turquie)

ÉCONOMIE APPLIQUÉE

UEA ENSTA PARIS, i3-CRG
ÉCOLE POLYTECHNIQUE, CNRS (UMR 9217)

Directeur > **Richard Le Goff**
ueaensta.wordpress.com



THÈMES DE RECHERCHE

- > Économie industrielle et innovation : environnement de marché, management stratégique, stratégies industrielles, structures de la concurrence, performances des firmes, économie des industries de réseaux, régulation sectorielle, économie et innovations duales (civil et militaire).
- > Économie des politiques publiques : développement économique, innovation, entrepreneuriat, mobilité, environnement.
- > Économie géographique de l'Innovation et de l'Entrepreneuriat : ancrage des firmes, dynamiques territoriales de croissance, d'entrepreneuriat, de Recherche Développement et d'innovation.
- > Méthodologie : analyses qualitatives et quantitatives de données socio-économiques, développement de méthodes heuristiques notamment à partir de la théorie des graphes et de la dominance économique

MOTS CLÉS

- > Économie industrielle
- > Économie de l'innovation
- > Start-up et incubation
- > Technologies duales
- > Entrepreneuriat et intrapreneuriat
- > Évaluation de politiques publiques
 - > Environnement et territoires
 - > Réseaux techniques, énergétiques et de transport

TAILLE DE L'UNITÉ

- > 2 enseignants-chercheurs
- > 4 doctorants
- > 4 chercheurs sur contrats
- > 1 gestionnaire

CHAMPS

D'APPLICATION

DES RECHERCHES



- > Innovations duales.
- > Stratégies industrielles dans l'industrie aéronautique.
- > Entrepreneuriat : évaluation et accompagnement des projets technologiques innovants et des systèmes territoriaux d'incubation.
- > Mobilité et environnement : transport et émissions de gaz à effets de serre, amélioration de la qualité de l'air en lien avec les transports urbains, mobilité et genre.
- > La méthodologie : analyse structurale, théorie des graphes, outils d'aide à la décision pour les industriels et les pouvoirs publics en termes de stratégie d'investissement, d'innovation, de politique de R&D.



PARTENAIRES INDUSTRIELS

- > Ministères :
 - Armées, Intérieur, Environnement
- > SAFRAN
- > MOVEO
- > Advancity
- > EY
- > IncubAlliance
- > Intactile Design
- > GMT



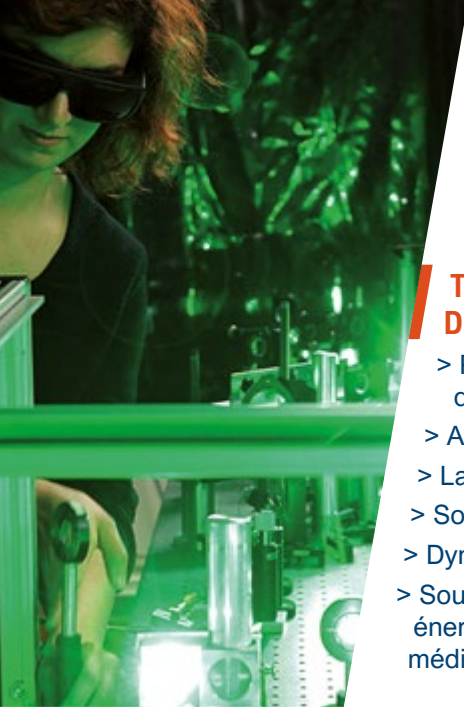
GRANDS PROJETS DE L'UNITÉ

- > AUSTIN « Autonomie Stratégique des Nations » - Agence Innovation Défense
- > TIPS - « Technologie and Intellectual Properties Solutions » - Astrid Maturation – AID - ANR
- > Interregional knowledge flows and top corporate R&D performers
- > Interactive models of the innovation process for the aerospace and defense industry
- > AID FIREBALL – « Anticipation Stratégique pour une BlockChain Duale » - Agence Innovation Défense



PARTENAIRES ACADÉMIQUES

- > i3-CRG Ecole Polytechnique - CNRS (UMR 9217)
- > Institut Polytechnique de Paris
- > Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne
- > MIT
- > Observatoire des Sciences et des Techniques
- > Réseau de Recherche sur l'Innovation
- > Institut des Sciences Mathématiques et Économiques Appliquées (ISMEA)
- > JRC growth and Innovation Territorial Development de la Commission Européenne



LABORATOIRE D'OPTIQUE APPLIQUÉE



Directeur > **Stéphane Sebban**
loa.ensta-paris.fr

THÈMES DE RECHERCHE

- > Physique de l'interaction laser-matière et physique des plasmas
- > Accélération de particules par laser
- > Lasers ultrabrefs et intenses
- > Sources XUV ultra-breves et métrologie associée
- > Dynamique ultra-rapide de la matière
- > Sources ultrabrèves de rayonnements et de particules énergétiques : développement et applications médicales, industrielles et pour la défense

MOTS CLÉS

- > Imagerie haute résolution spatiale et temporelle
- > Accélérateurs de particules par laser-plasma
- > Sources de rayonnements X femtosecondes
 - > Physique du solide aux temps ultrabrefs
 - > Filamentation laser femtoseconde intense
- > Lasers ultrabrefs intenses
- > Spectroscopie ultrarapide
- > Interaction laser-matière
- > Physique des plasmas

TAILLE DE L'UNITÉ

- > 23 enseignants-chercheurs et chercheurs
- > 5 post-doctorants
- > 13 doctorants
- > 9 ingénieurs et techniciens
- > 4 gestionnaires
- > 6 soutiens techniques transverses

ÉQUIPEMENTS VALORISABLES

- > **Laser Salle Jaune** : 1 Hz, 30 fs, 120 TW, et ses 3 sites expérimentaux d'interaction laser matière
- > **Laser ENSTA-Mobile** : 10 Hz, 50 fs, 6 TW, transportable
- > **Laser Salle Noire 2.0** : 1 kHz, 4 fs, 1 TW, et son site expérimental d'interaction laser-matière
- > **Laser Salle Argent/Corail** : 5 kHz, 30 fs, 2.8 mJ et ses 3 sites expérimentaux d'interaction
- > **Laser LLR** : 1J, 1kHz, 1 ps pour le guidage de la foudre

CHAMPS

D'APPLICATION

DES RECHERCHES



- > Médical : nouvelles techniques de thérapie pour le traitement de tumeurs cancéreuses; Imagerie à haute résolution spatiale
- > Défense : brouillage électromagnétique ; antennes virtuelles, contrôle non-destructif...
- > Environnement : paratonnerre laser ; acoustique sous-marine assistée par laser...
- > Industrie : contrôle non destructif ; cargo scanning aux frontières, technologie laser ultrabref...
- > Matériaux : imagerie de structures ultrabrèves ; désaimantation ultrarapide...



PARTENAIRES INDUSTRIELS

- > Thales – TOSA
- > THALES-MIS
- > Imagine Optic
- > SourceLab
- > EADS
- > Hôpital Gustave Roussy
- > Ardop Engineering
- > TRUMPF Scientific Laser
- > Sphere Photonics
- > Ariane Group
- > Phasics
- > ITEOX



GRANDS PROJETS DE L'UNITÉ

- > LAPLACE – Centre pour l'accélération d'électrons par laser-plasma
- > Mise en place d'un LabCom Thales-IP Paris-CNRS
- > Programme européen Future Emerging Technology (FET) sur le paratonnerre laser
- > Programmes européens d'excellence ERC sur le développement d'accélérateurs laser-plasma miniatures de particules énergétiques
- > Programmes nationaux d'Équipements d'Excellence (EQUIPEX) ATTOLAB2 et APOLLON-QED
- > Programme de radiobiologie à haut débit de dose
- > Programme de plateforme de contrôle non Destructif (CND) à haute résolution spatiale basée sur le rayonnement X-gamma produit par laser intense femtoseconde (RAPID + CIEDS).



PARTENAIRES ACADEMIQUES

- > CEA
- > Synchrotron SOLEIL
- > Institut Curie
- > Institut d'Optique – Laboratoire Charles Fabry
- > Max Planck Institute (Allemagne)
- > HZDR (Allemagne)
- > Colorado State University (USA)
- > IST (Portugal)
- > Lund University Technology (Suède)
- > EPFL (Suisse)
- > KAERI (Corée)
- > Weizmann Institut of Science (Israel)
- > ONERA
- > Université de Genève (Suisse)
- > EPFL (Suisse)
- > Shanghai University for Science and Technology (Chine)
- > Lomonosov Moscow State University (Russie)
- > Université Pierre et Marie Curie (France)
- > Université Polytechnique de Madrid (Espagne)
- > Université de Californie - Berkeley (USA)
- > Université de Jena (Allemagne)
- > Université du Michigan (USA)
- > Center for Physical Science and Technology (Lituanie)
- > Institut d'Astrophysique de Paris (France)
- > SLAC (USA)
- > Shenzhen Technology University (Chine)
- > Ohio State University (USA)
- > HZDR (Allemagne)
- > MBI (Berlin-Allemagne)



PLATEFORME PILOTE HYDROGÈNE



[www.ensta-paris.fr/fr/
les-plateformes-experimen-
tales-de-l-ensta-paris](http://www.ensta-paris.fr/fr/les-plateformes-experimentales-de-l-ensta-paris)

L'installation pilote pour l'hydrogène est une chaîne complète de briques technologiques innovantes permettant des études de couplage de procédés pour la production, le stockage et l'utilisation de l'hydrogène. Les appareillages sont contrôlés automatiquement à distance et peuvent être mis en œuvre indépendamment.

Concernant la production, la plateforme est équipée d'un pyrolyseur, d'un électrolyseur et d'un banc de purification par compression électrochimique.

Le pyrolyseur vise notamment à caractériser l'efficacité de la production d'hydrogène à partir de biomasse, en particulier de différentes essences de bois mais aussi de glucose ou de fructose.

Pour le stockage, la plateforme est notamment équipée de réacteurs de synthèse de matériaux poreux et de réservoirs d'hydrates de gaz synthétisés à très haute pression.

Enfin le versant utilisation met en œuvre un brûleur avec une caméra rapide haute-résolution grâce à laquelle sont mesurées des vitesses fondamentales de flamme et une pile à combustible qui convertit l'hydrogène en électricité.



PLATEFORME FABRICATION ADDITIVE



[www.ensta-paris.fr/fr/
les-plateformes-experimen-
tales-de-l-ensta-paris](http://www.ensta-paris.fr/fr/les-plateformes-experimentales-de-l-ensta-paris)

**Le centre de fabrication additive est une
plateforme technologique commune
à l'École polytechnique et à l'ENSTA Paris.**

Cet espace de travail est conçu autour d'une imprimante 3D métallique fonctionnant sur le principe de projection de poudre métallique fondue par laser. Il en résulte un dépôt métallique homogène et dense aux caractéristiques situées entre celles des pièces de fonderie et celles issues de la forge.

L'imprimante empile ce dépôt métallique couche après couche pour créer, réparer ou ajouter des fonctionnalités à une pièce existante depuis un fichier numérique.

Cette machine offre la possibilité de concevoir, fabriquer et optimiser de nouvelles formes de matériaux, de travailler des métaux en limite de soudabilité, de réparer des pièces endommagées ou encore d'ajouter des fonctions innovantes sur des pièces existantes, permettant alors d'atteindre des performances précédemment inaccessibles.

