

LA FILIÈRE HYDROGÈNE ENERGIE À L'IMT STRUCTURATION AUTOUR DU GROUPE H₂MINES



H₂MINES

SOMMAIRE

1. H₂MINES

- Origines et objectifs
- Chiffres clef

2. Chaîne de valeur

- Production / Distribution / Stockage / DD

3. Plateformes expérimentales originales

4. Collaborations et réseaux

5. Formations

6. Projet fédérateur HyTREND

7. Résumé & contacts

LE GROUPE H₂MINES

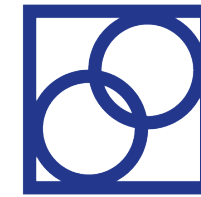
Années 90

Démarrage des activités H₂
dans les Centres de recherche
de MINES ParisTech



Projet H2-PAC
2005-2008

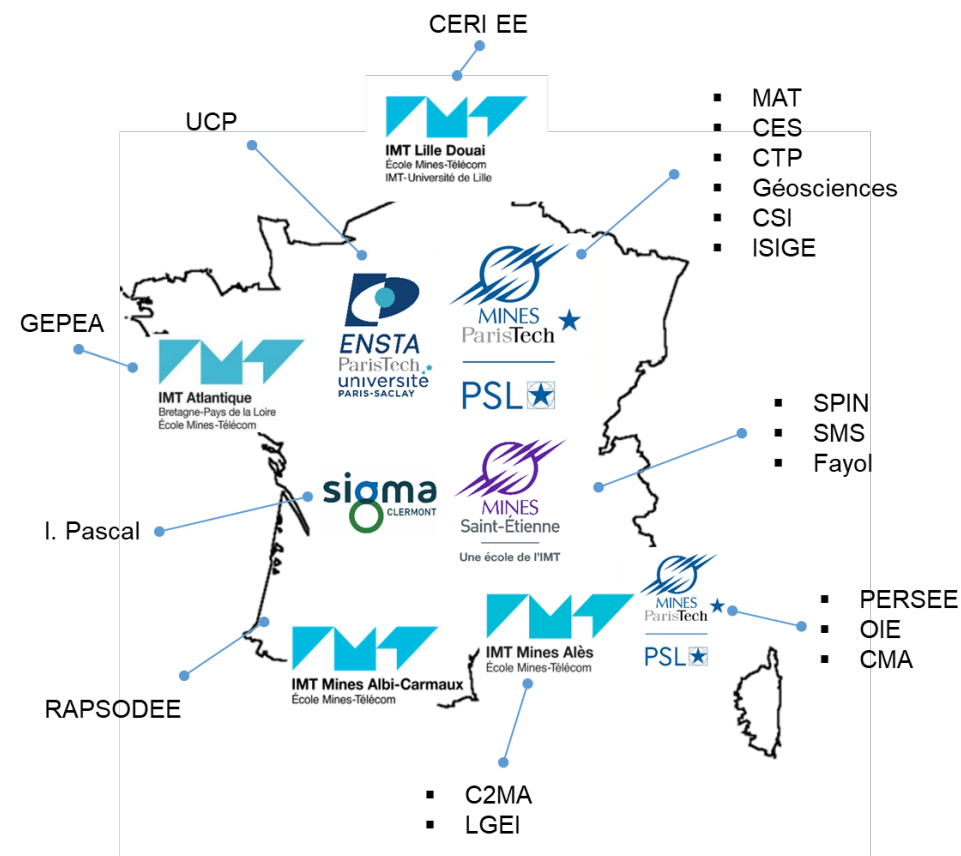
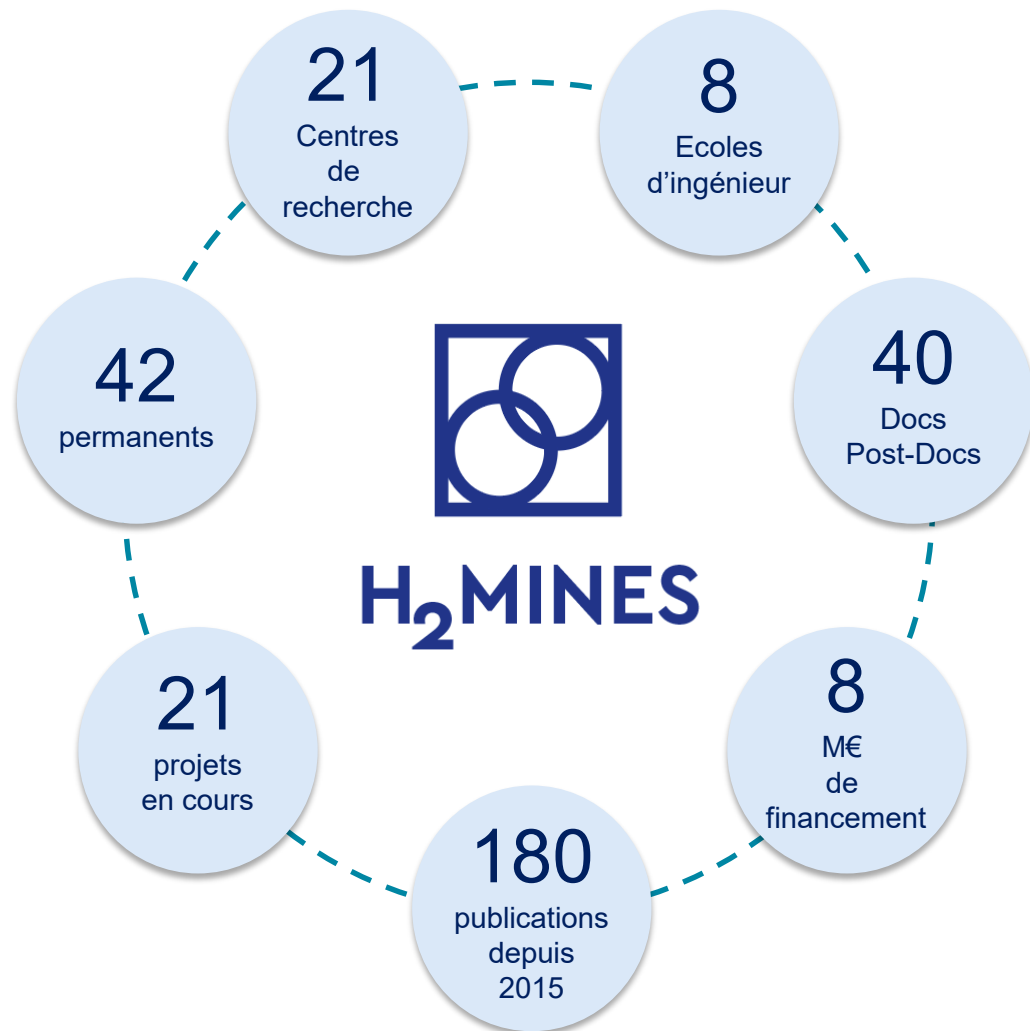
Ecoles des MINES
Paris – Albi – Saint-Etienne – Nantes – Nancy – Douai
Production / Stockage / PEMFC / ACV



H₂MINES

Groupe de travail créé en mars **2016**
sur les fondations du projet H2-PAC ('05 -'08) du Groupe des Ecoles des Mines (GEM)

- Fédérer les acteurs de la filière au sein de l'Institut Carnot M.I.N.E.S.
- Identifier les synergies et collaborations possibles
- Optimiser les interactions avec le monde industriel
- Proposer une offre de compétences large (R&D et formation)



CHAINE DE VALEUR

PRODUCTION

- **Electrolyse de l'EAU** - BT, HT, PEC
- **Gazéification/Pyrolyse de BIOMASSE**
- **Craquage plasma du METHANE...**
- ...
- **Purification** - PSA, membrane, électrochimique

STOCKAGE-DISTRIBUTION

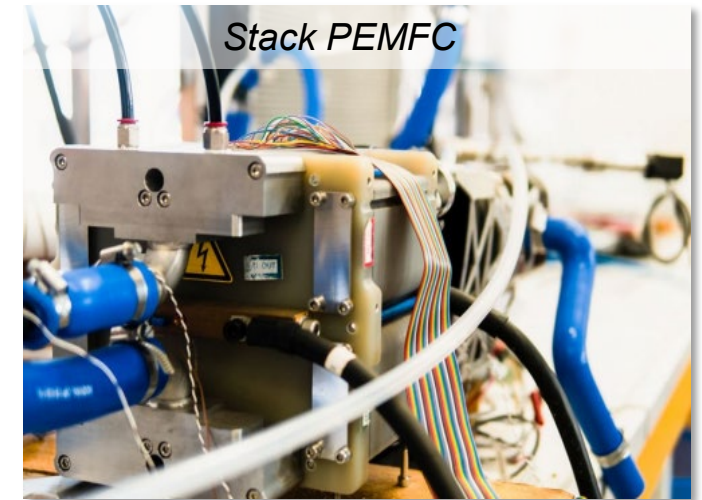
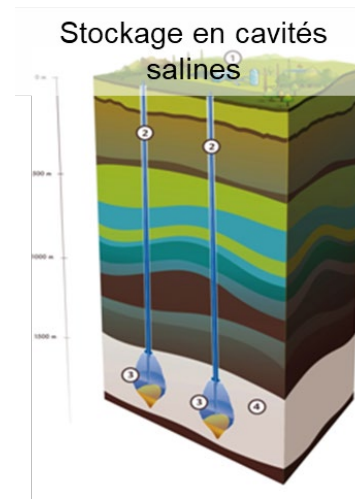
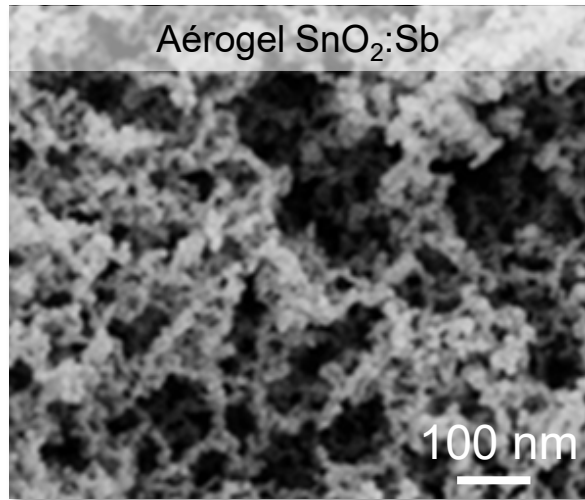
- **RESERVOIRS sous pression**
- **MATERIAUX poreux, vecteurs** – C, MOF, LOHC, Hydrures
- **CAVITES salines**
- ...
- **Pipelines** – Fragilisation, protection

USAGE

- **PILES à Combustible** - BT, HT
- **Synthèse de COMBUSTIBLES**
FT, capt./réd. CO₂, méthanation biologique
- **COMBUSTION**
- **Power to Gas ...**

DIAGRAMMES de phases, PROPRIETES thermochimiques

CAPTEURS gaz – Plateforme multicapteurs



MATERIAUX

MODELISATION-SIMULATION

PROCEDES-SYSTEMES

DEVELOPEMENT DURABLE

- Evaluation environnementale par ACV
- Etude et caractérisation des RISQUES
- Cartographie des ENJEUX / DEBATS sociétaux

- SYNERGIES Eco-industrielles
- Aménagement du TERRITOIRE
- PROSPECTIVES

PLATEFORMES EXPERIMENTALES

PRODUCTION

STOCKAGE-DISTRIBUTION

USAGE

Biomasse



Unité pilote VALTHERA



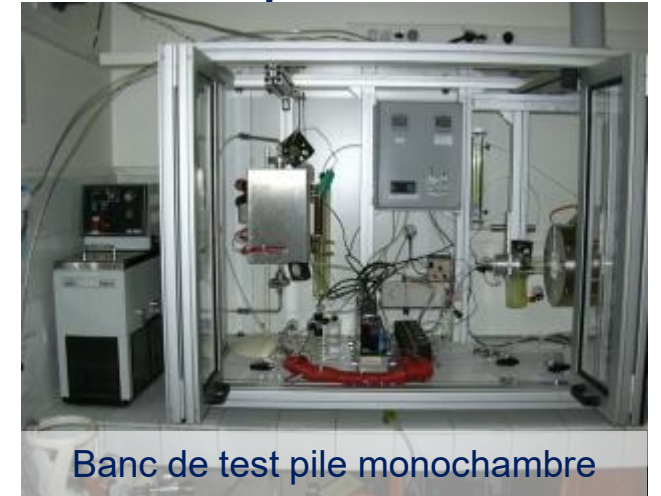
Torche PLASMA

Cavités



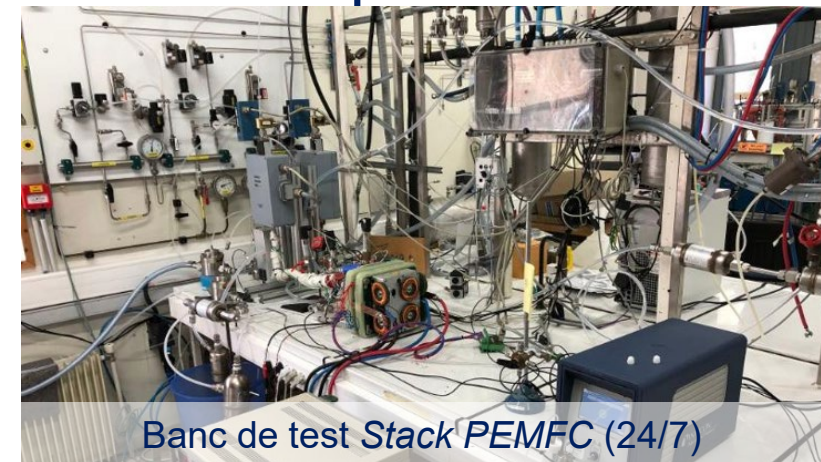
Pilote Stockage

SOFC



Banc de test pile monochambre

PEMFC (AME → Stack 10 kW)



Banc de test Stack PEMFC (24/7)

COLLABORATIONS ET RESEAUX

- Etroite collaboration avec le monde industriel
- Recherche par projets
- Contrats directs (Accords cadre, Cifre, CIR)
- Mode collaboratif (ANR, FUI, Ademe, Eu)
- Création de start-ups (Plenesys)



Pôles de compétitivité

Associations

Sociétés

GDR

...



FORMATIONS

Une grande variété de formats – Une voie de recrutement privilégiée

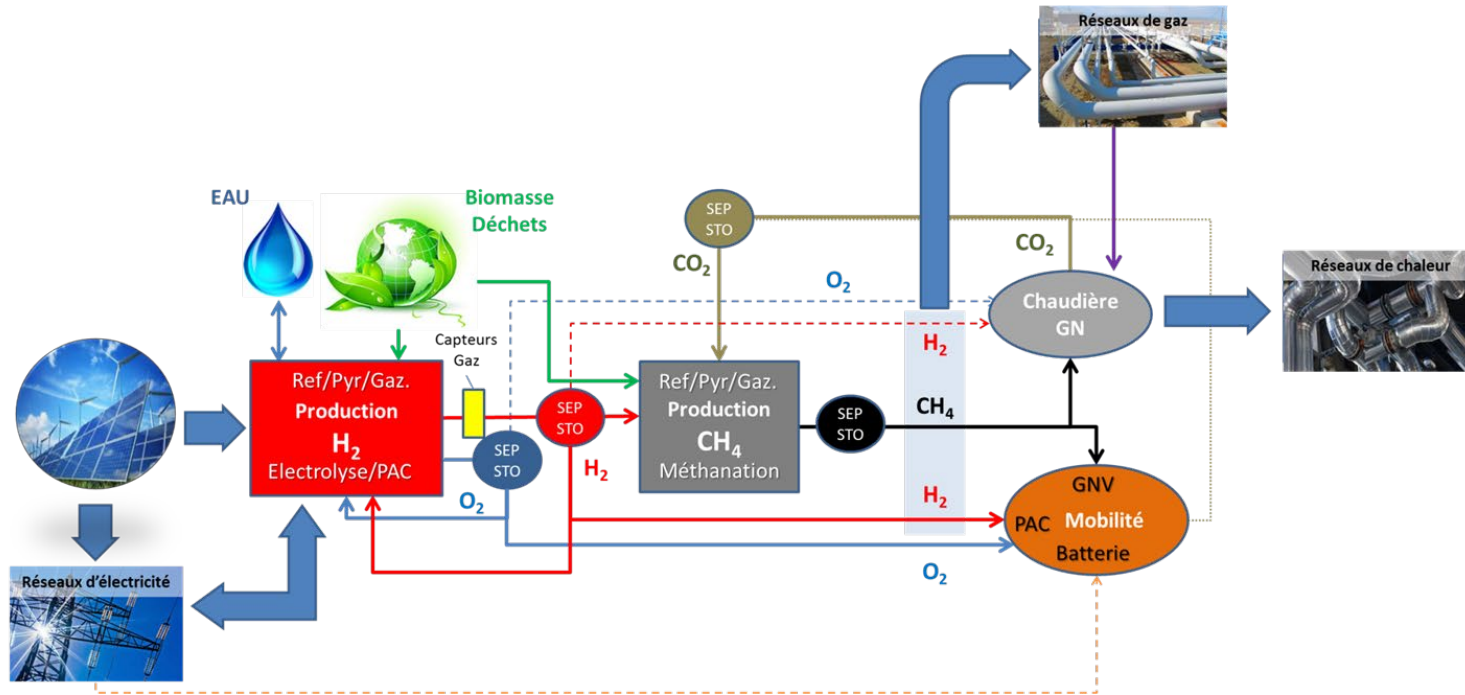
- Formation par la recherche (thèse de doctorat)
- Cycles ingénieurs
 - Stages, projet de fin d'étude
 - Métier de l'Ingénieur Généraliste (MIG)
 - Trimestres recherche et ingénierie
 - Enseignements spécialisés
- Master Recherche
- Mastères spécialisés (*Post master*)
- *Executive Education*



PROJET FEDERATEUR HYTREND

Hydrogène pour une transition énergétique décarbonée

30/09/19 – 29/08/22



Association Foncière Urbaine Libre La Chartrerie

Transition Énergétique & Sociétale

MINERVE :
Un démonstrateur power-to-gas pour expérimenter l'avenir



Février 2017

RÉSUMÉ & CONTACTS

SOME OF OUR INDUSTRIAL PARTNERS:



ONE CONTRACT MANAGEMENT ORGANIZATION:



CONTACTS

first name.name@...

- IMT MINES Albi-Carmaux (@mines-albi.fr)
 - RAPSODEE: Doan Phamminh, Ange Nzihou
- IMT MINES Alès (@mines-ales.fr)
 - C2MA: Belkacem Otazaghine, Aurélie Taguet
 - LGEI: Luc Malhautier, Frédéric Heymes (EUREQUA), Guillaume Junqua (ERT)
- IMT Atlantique (@imt-atlantique.fr)
 - GEPEA: Pascaline Pré
- IMT Lille-Douai (@imt-lille-douai.fr)
 - CERI EE: Rémi Gautier, Daniel Bouge
- MINES ParisTech (@mines-paristech.fr)
 - PERSEE: Christian Beauger, Patrick A
 - MAT: Alain Thorel, Yazid Maci, Anthoi
 - CES: Rodrigo Rivera, Tinoco, Chakib
 - CTP: Christophe Coquelet, Elise El_A
 - Géosciences: Faouzi Hadj_Hassen
 - OIE: Paula Perez Lopez
 - CSI: Madeleine Akirch
 - ISIGE: Jasha Oosterbaan, Daniel Flor
 - CMA: Gilles Guerastmoff
 - CERNA: François Lévêque
 - CRC: Franck Guarnierl
- IMT MINES Saint-Etienne (@mines-ste)
 - SPIN: Mathilde Rieu, Jean-Paul Vitrec
 - Fayol: Valérie Laforest
 - SMS: Cédric Bosch
- ENSTA Paris (@ensta-paris.fr)
 - UCP: Laurent Catoire, Didier Dalmaz, Johnny Deschamps
- Sigma Clermont (@sigma-clermont.fr)
 - I. Pascal: Jean-François Cornet

Coordinator: Christian Beauger
christian.beauger@mines-paristech.fr



H₂MINES TAKES PART IN:

NETWORKS

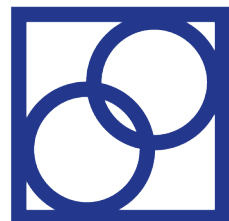
- Hydrogen Europe Research
- EERA
- France Hydrogène
- GDR (Solar Fuels, Thermod. ...)
- Géodénergies
- SFGP
- SFT
- SEE

MATERIALS | PROCESSES-SYSTEMS | MODELING | CHARACTERIZATION | GLOBAL ANALYSIS | EDUCATION

PRODUCTION | STORAGE/DISTRIBUTION | END USES | SUSTAINABLE DEVELOPMENT

<ul style="list-style-type: none"> Biomass gasification Biogas reforming <p>RAPSODEE</p>	<ul style="list-style-type: none"> Compression and distribution: simulation <p>RAPSODEE</p>	<ul style="list-style-type: none"> Fisher-Tropsch synthesis Methanation <p>RAPSODEE</p>	
<ul style="list-style-type: none"> Purification (PSA, membrane, absorption) <p>GEPEA</p>	<ul style="list-style-type: none"> Porous materials Solid storage tank <p>GEPEA</p>	<ul style="list-style-type: none"> PEMFC membrane materials: functionalization of clays Biological methanation <p>C2MA LGEI/EUREQUA</p>	<ul style="list-style-type: none"> Risk analysis Eco-industrial synergy <p>LGEI/EUREQUA/ERT</p>
<ul style="list-style-type: none"> Modeling & Optimization: Porous media, adsorption, storage, topology optimization <p>CERI EE</p>		<ul style="list-style-type: none"> Power to gas: methanation, CO₂ capture <p>GEPEA</p>	
<ul style="list-style-type: none"> Electrolysis (LT PEMWE) Plasma cracking, reforming Electrochemical purification (LT) Photocatalysis <p>PERSEE</p>	<ul style="list-style-type: none"> Electrochemical compression Porous materials <p>PERSEE</p>	<ul style="list-style-type: none"> PEMFC: MEA materials (catalysts and composite membranes), system studies (transport, stationary, H₂ recirculation, hybridization...) CO₂ reduction Renewable Energy coupling Multi-energy systems <p>PERSEE</p>	<ul style="list-style-type: none"> Future energy systems and markets Prospective & optimization of energy systems Life cycle assessment Socio-technical controversies Process economics <p>PERSEE CMA OIE CSI CES</p>
<ul style="list-style-type: none"> Phase diagrams / measurement of thermophysical properties Selection of solvents <p>CTP</p>		<ul style="list-style-type: none"> Methanation (coelectrolysis) Power to gas CO₂ recycling Biogas <p>CES</p>	<ul style="list-style-type: none"> The economics of H₂ (cost benefit analysis, public policy assessment, innovation and competition) <p>CERNA</p>
<ul style="list-style-type: none"> Electrolysis (SOEC, PEMWE, MCEC) System analysis <p>CES</p>		<ul style="list-style-type: none"> SOFC: MEA materials, new regenerative systems <p>MAT</p>	<ul style="list-style-type: none"> Territorial planning and public policies in energy transition Safety and reliability assessment, public perception of safety <p>ISIGE CRC</p>
<ul style="list-style-type: none"> Electrolysis (HT) Reforming Electrochemical purification (HT) <p>MAT</p>	<ul style="list-style-type: none"> HP composite tanks: tests/calculations Pipeline protection: cold spray coating <p>MAT</p>		<ul style="list-style-type: none"> Underground storage environmental impact <p>GÉOSCIENCES</p>
	<ul style="list-style-type: none"> Salt caverns: integrity/reactivity <p>GÉOSCIENCES</p>		
		<ul style="list-style-type: none"> Gas sensors: CO, H₂, safety/process control <p>SPIN</p>	<ul style="list-style-type: none"> Environmental analysis: qualitative assessment and absolute sustainability evaluation Decision aid support for territorial planning <p>SPIN FAYOL</p>
<ul style="list-style-type: none"> Electrode material: modeling /simulation (image analysis) <p>SPIN</p>	<ul style="list-style-type: none"> Pipeline integrity and durability <p>SMS</p>	<ul style="list-style-type: none"> SOFC single chamber <p>SPIN</p>	
<ul style="list-style-type: none"> Biomass flash pyrolysis <p>UCP</p>	<ul style="list-style-type: none"> Doped MOFs (C, metal, metal+C) Liquid carriers (LOHC) Hydrides <p>UCP</p>	<ul style="list-style-type: none"> Combustion Reactivity/Risk <p>UCP</p>	<ul style="list-style-type: none"> Tech-eco evaluation of the distribution chain <p>UCP</p>
<ul style="list-style-type: none"> Solar photoreactive processes <p>I. PASCAL</p>			

https://s3.vighy.france-hydrogene.org/uploads/formidable/2/H2MINES-Flyer_2021.pdf



H₂MINES



Christian Beauger

Coordinateur de H₂MINES
MINES ParisTech/PERSEE

christian.beauger@mines-paristech.fr



Joanna SCHLESINGER

Développement de partenariats R&D filière Energie,
Institut Canot M.I.N.E.S. / ARMINES

joanna.schlesinger@mines-paristech.fr

► **IMT MINES Albi-Carmaux** (@mines-albi.fr)

- RAPSODEE: Doan Phamminh, Ange Nzihou

► **IMT MINES Alès** (@mines-ales.fr)

- C2MA: Belkacem Otazaghine, Aurélie Taguet
- LGEI: Luc Malhautier, Frédéric Heymes (EUREQUA), Guillaume Junqua (ERT)

► **IMT Atlantique** (@imt-atlantique.fr)

- GEPEA: Pascaline Pré

► **IMT Lille-Douai** (@imt-lille-douai.fr)

- CERI EE: Rémi Gautier, Daniel Bougeard

► **MINES ParisTech** (@mines-paristech.fr)

- PERSEE: Christian Beauger, Patrick Achar
- MAT: Alain Thorel, Yazid Madl, Anthony Chesnaud
- CES: Rodrigo Rivera_Tinoco, Chakib Bouallou
- CTP: Christophe Coquelet, Elise El_Ahmar
- Géosciences: Faouzi Hadj_Hassen
- OIE: Paula Perez_Lopez
- CSI: Madeleine Akrich
- ISIGE: Jasha Oosterbaan, Daniel Florentin
- CMA: Gilles Guerassimoff
- CERNA: François Lévêque
- CRC: Franck Guarnier

► **IMT MINES Saint-Etienne** (@mines-st-etienne.fr)

- SPIN: Mathilde Rieu, Jean-Paul Viricelle
- Fayol: Valérie Laforest
- SMS: Cédric Bosch

► **ENSTA Paris** (@ensta-paris.fr)

- UCP: Laurent Catoire, Didier Dalmazzone, Johnny Deschamps

► **Sigma Clermont** (@sigma-clermont.fr)

- I. Pascal: Jean-François Cornet