



**HAL**  
open science

**Présentation réunion de lancement du PEPR  
“Technologies Avancées des Systèmes Energétiques ”  
(TASE) - 22 mai 2023 - Grenoble**

Philippe Azais, Jean-François Guillemoles, Nicolas Retière

► **To cite this version:**

Philippe Azais, Jean-François Guillemoles, Nicolas Retière. Présentation réunion de lancement du PEPR “Technologies Avancées des Systèmes Energétiques ” (TASE) - 22 mai 2023 - Grenoble. 2023. hal-04119984

**HAL Id: hal-04119984**

**<https://hal.science/hal-04119984>**

Submitted on 7 Jun 2023

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



# PEPR TASE

22  
MAI  
2023

# Programme et Equipements Prioritaires de Recherche (PEPR) « Technologies Avancées des Systèmes Énergétiques » (TASE)

## 1. Ouverture

**Yassine Lakhnech**, Président de l'Université Grenoble-Alpes (UGA)

**Antoine Petit**, Président-directeur général du CNRS

**François Jacq**, Administrateur Général du CEA

**Bruno Bonnell**, Secrétaire général pour l'investissement.

## 2. Présentation du PEPR TASE

**Fabien Delafalize**, Coordinateur de la stratégie nationale d'accélération TASE

Jean-François Guillemoles (CNRS),  
Nicolas Retière (UGA) et  
Philippe Azaïs (CEA)

## 3. Présentation des projets ciblés et des appels à projets et à manifestation d'intérêt

## 4. Table ronde dédiée au SHS en lien avec les TASE

Animation par **Anne Dalmasso** (Vice-présidente "Recherche en sciences humaines et sociales", UGA)

Intervenants: Thomas Reverdy (UGA), Patrick Criqui (CNRS), Xavier Arnault de Sartre (UPPA), Claire Le Renard (EDF R&D)

## 5. Conclusion

# 1. Ouverture

# Yassine Lakhnech

## Président de l'Université Grenoble-Alpes

# Antoine Petit

## Président-directeur général du CNRS



# François Jacq

## Administrateur général du CEA



# Bruno Bonnell

## Secrétaire général pour l'investissement

## 2. Présentation générale du PEPR

# Fabien Delafalize

## Coordinateur de la stratégie nationale d'accélération TASE

**Jean-François Guillemoles (CNRS)**

**Adj. : Nicolas Retière (UGA)**

**Philippe Azais (CEA)**

**Directeurs de programme TASE**

# Le programme scientifique du PEPR TASE

# Contexte, défis, forces

Contextes environnementaux,  
économiques et géopolitiques



Accélération de la  
transition énergétique  
incluant + de renouvelable

PPE  
prévoit  
~100 GW  
en 2028

Impacts sociaux et  
environnementaux

Technologies non  
disponibles



Structurer une communauté de  
recherche forte sur l'ensemble des  
domaines

Favoriser l'innovation en lien avec  
un des acteurs industriels de  
premier rang

# Structurer une communauté de recherche nationale

## Le PEPR TASE

### Propose

- Un cadrage programmatique
- Des choix stratégiques pour accélérer
- Un renfort de la capacité de recherche

### Définit

- Des outils de recherche sur 2023-2029
- En lien avec les moyens : 50 M€ (10% sur l'impact environnemental + 10% sur l'appropriation sociétale)

### Coordonne

- Avec le CNRS et CEA désignés pilotes
- De manière neutre, transparente, de qualité
- En concertation avec tous les partenaires recherche : universités, INRIA, IFPEN, autres organismes publics...



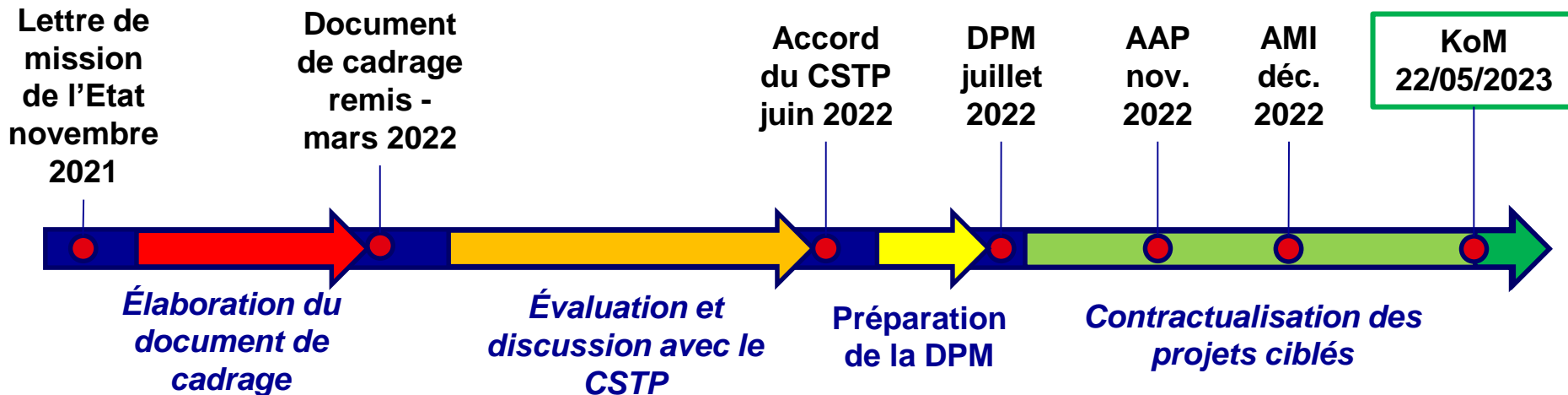
## Principes guidant le programme

- **Inscrits dans les feuilles de route** (filiales, CNRS, ANCRE)
- **Sous-investis avec un impact fort, un potentiel d'innovation à 5 ans**
- **Favorisant la transversalité** et la structuration de la communauté nationale académique
- Positionnant la **France comme un acteur majeur de la R&D en Europe**

## Trois axes de travail

- **Intégration** : étudier les impacts environnementaux et les changements sociaux de la transition énergétique
- **Anticipation** : développer des méthodes pour anticiper les trajectoires des systèmes énergétiques
- **Technologies** : accélérer l'innovation de rupture dans les technologies énergétiques (*Réseaux et PV*)

# Le PEPR accélère dans un calendrier contraint



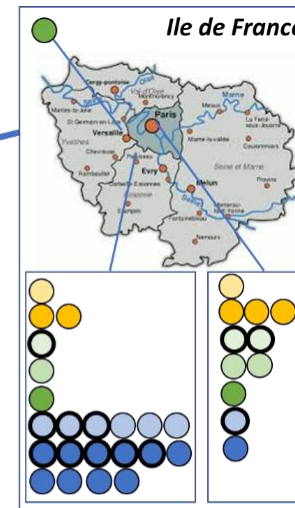
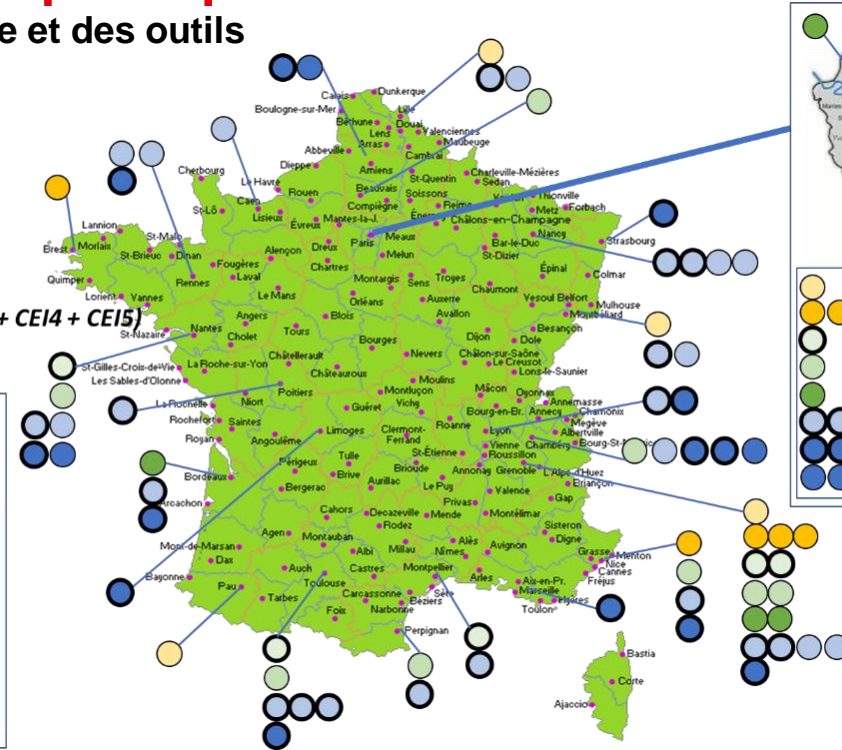
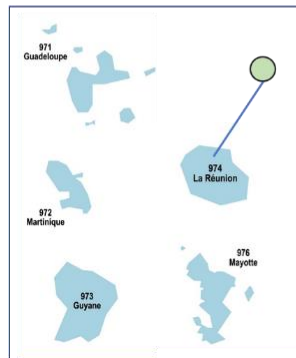
Axes technologiques			
	Réseaux flexibles et résilients (Sys-Tec.)	PV efficace et respectueux de l'environnem. (PV-Tec.)	Eolien flottant accepté
Intégration (Int.) - Etudes des impacts environnementaux et sociétaux de la transition énergétique	AMI1	Int.1: questions des sciences humaines et sociales sur les TASE	
	AAP1	Int.2: évaluation de l'impact environnemental des TASE	
	PC1	Ant.1: modélisation des composants au système	
Anticipation (Ant.) - Développer des méthodes pour anticiper les trajectoires des systèmes énergétiques	AAP2	Ant.2: pilotage efficace et flexible de l'énergie avec une part massive d'ENR	
	AMI2	Ant.3: résilience des réseaux électriques avec une part massive d'ENR	
	PC2	Sys-Tec.1: architectures des DC et électronique de puissance	
Technologies (Tec.) - Accélérer les innovations de ruptures dans les technologies de l'énergie	PC3	Sys-Tec.2: digitalisation des réseaux électriques	AAP3
	PC4	PV-Tec.1: cellules PV innovantes à haut rendement avec un contenu en matériaux critiques	AAP4
	PC5	AMIs3: technologies à responsabilité	AMI4
		Tec.2.3: fiabilité	AMI5

**Points de vigilance**

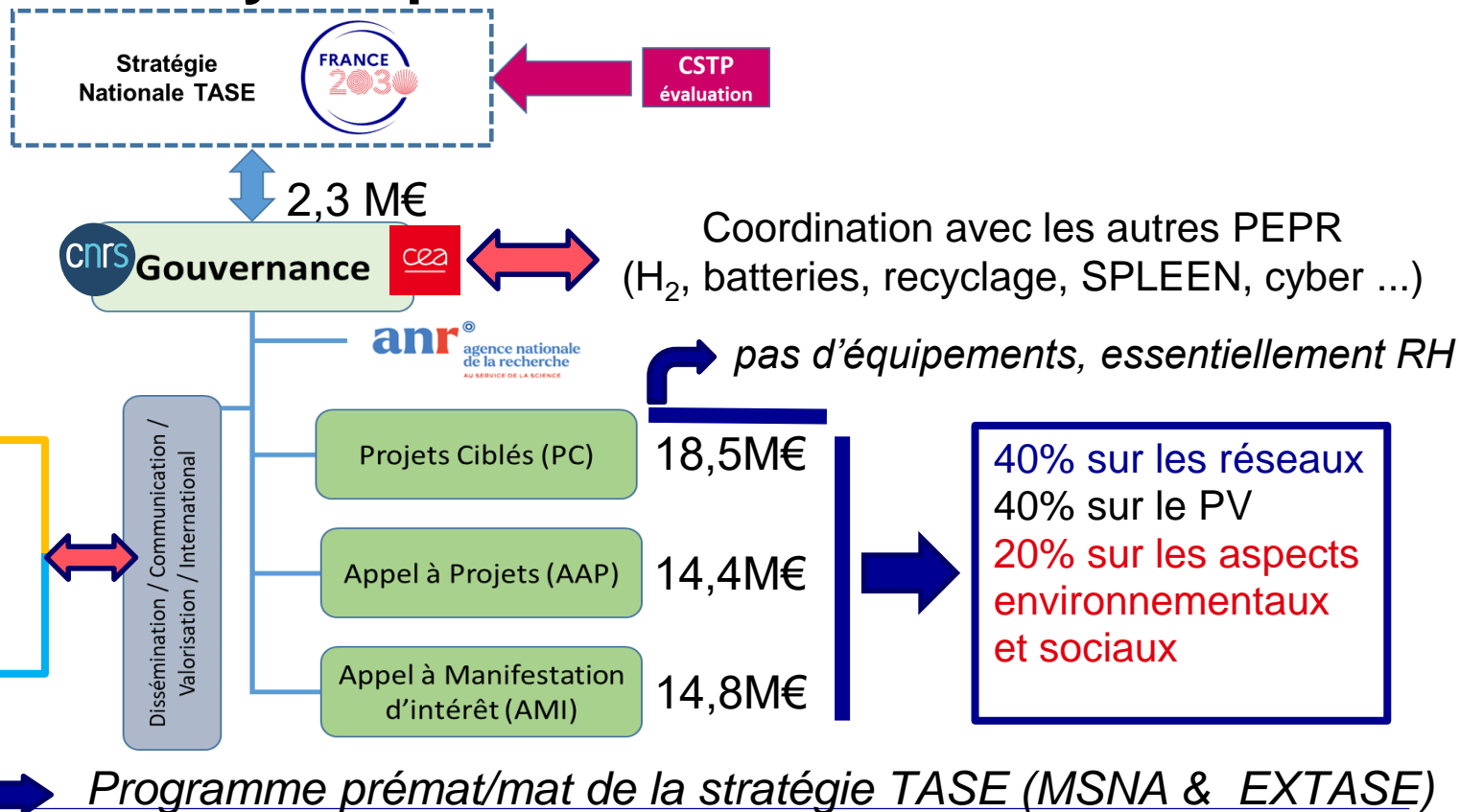
- Souveraineté économique
  - Sauvegarde des ressources
- Impact industriel
- Impact environnemental

## Une large concertation et participation nationales pour la construction du programme et des outils

- Int 1. (CE1)
- Int 2. (CP1)
- Ant 1. (TP1)
- Ant 2. (CP2)
- Ant 3. (CEI2)
- Sys-Tec 1. (CP3)
- Sys-Tec 1. (TP2 + TP3)
- PV-Tec 2. (CP4 + CEI3 + CEI4 + CEI5)
- PV-Tec 2. (TP4 + TP5)



# Le PEPR coordonne et répartit des moyens pour accélérer



# Retombées attendues

- Renforcement et structuration de la communauté de recherche autour des enjeux scientifiques
- Questions scientifiques, outils et éléments de réponses aux enjeux sociaux, environnementaux et technologiques
- Capacité à être leader de programmes européens et internationaux

- Innovations pouvant être saisies par les partenaires socio-économiques



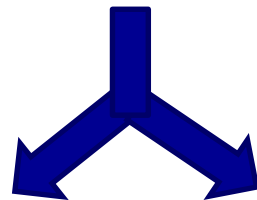
Préparer demain avec les volets  
« prématuration & maturation »

# Axe « Intégration »



**Renouveler les cadres, les approches, les modèles d'étude des transformations du système énergétique, de leurs impacts par des démarches pluri- et inter-disciplinaires**

Impacts sociaux



Impacts environnementaux



**AMI** « Questions de sciences humaines et sociales en lien avec le développement des technologies avancées pour les systèmes énergétiques et leur appropriation »

**AAP** « Impacts environnementaux des systèmes énergétiques »

Nouvelles formes décentralisées de production et de consommation

Articulation production – réseaux – usages

**AMI « Questions de sciences humaines et sociales en lien avec le développement des technologies avancées pour les systèmes énergétiques et leur appropriation »**

**4,3M€**

Contraintes, limites des situations d'utilisation de l'énergie

Construction des futurs énergétiques, questions d'éthique, de justice, de perception publique ...

**2 projets proposés, couvrant les thématiques pour 2,9M€.**

**→ Un 2<sup>e</sup> AMI sera lancé d'ici la fin de l'année**

Intégrer dans les analyses de cycle de vie les impacts environnementaux, sociaux, économiques

Explorer les nouveaux usages des EnR pour optimiser les impacts environnementaux

AAP « **Impacts environnementaux** des systèmes énergétiques »

4,7M€

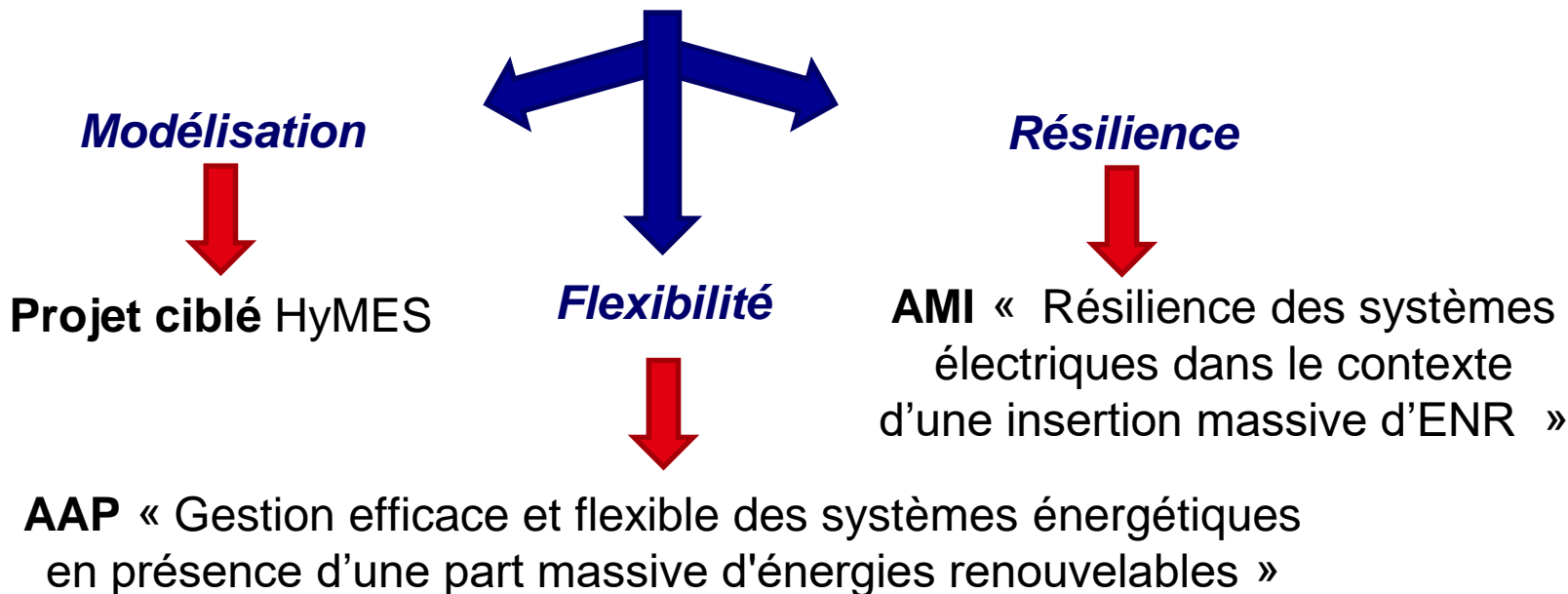
Développer une base de données dédiée à l'évaluation des impacts

Proposer une méthode pour quantifier les incertitudes et leurs conséquences dans les analyses de cycles de vie (ACV)

**2 projets proposés, couvrant les thématiques**

# Axe « Anticipation »

**Anticiper les trajectoires du système énergétique par l'identification des risques émergents, des opportunités, par la définition de modes de fonctionnement flexibles et résilients, par la définition de nouvelles modélisations**



# Axe « Anticipation »

Appel à projets  
Appel à manifestation d'intérêt

Nouvelles méthodes pour la prévision locale de la production et de la demande d'énergie

Gestion des sources et des services de flexibilité à plusieurs échelles

AAP « **Gestion efficace et flexible** des systèmes énergétiques en présence d'une part massive d'énergies renouvelables »

5M€

Gestion de l'énergie pour les communautés locales au sens large (quartier, ville, ...)

Gestion intercommunautaire de l'énergie, articulations avec autres acteurs (consom'acteurs, agrégateurs, opérateurs ...)

**5 projets proposés, couvrant les thématiques**



Prévoir les événements météorologiques critiques dans un climat changeant

Caractériser l'impact sur le réseau électrique de ces événements critiques dans un contexte de massification des EnR

AMI « **Résilience des systèmes électriques** dans le contexte d'une insertion massive d'ENR »

**2,5M€**

Produire et étudier les conséquences électriques, socio-économiques de scénarios de propagation de blackouts

Optimiser des plans de récupération réalistes, revoir les stratégies d'investissement et de régulation marchés en lien avec ces plans

**1 projet proposé, couvrant les thématiques**

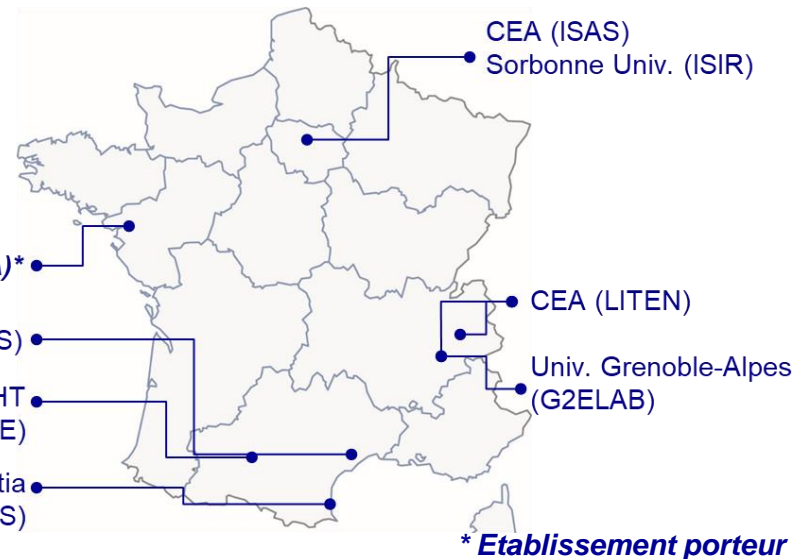
# Axe « Anticipation »

## Projet ciblé HyMES

### Hybrid Modelling for Multi-Energy Systems

# Un partenariat expert en modélisation

- **Etablissement porteur** : IMT Atlantique, Nantes
- **Responsable du projet** : Prof. Bruno Lacarrière
- **Durée du projet** : 60 mois
- **Subvention 1,9 M€** pour un coût total de 3,4 M€



- **7 laboratoires fédérés\*** autour de la thématique de la modélisation hybride des systèmes énergétiques
- 5 thèses et 4 post-docs, 63 chercheurs.mois permanents

\* *Modélisation hybride = à base de modèles et de données*

# Question de la modélisation des systèmes énergétiques

Impératif de simuler pour anticiper et piloter les évolutions des réseaux d'énergie interconnectés



Comment faire pour des systèmes très complexes, inaccessibles aux méthodes traditionnelles basées sur la représentation physique ?



Comment intégrer des données indispensables à la représentation de la complexité et/ou à la simplification des modèles ?

**Un projet centré sur l'hybridation  
de données et de modèles physiques**

# Une hybridation source de ruptures et d'innovations

**Nouvelles solutions de modélisation hybrides** pour les systèmes et réseaux multi-énergie à l'échelle d'un quartier



**Fourniture de modèles de référence** pour la communauté scientifique nationale et au-delà

**Création d'un émulateur** pour tester l'intégration de technologies émergentes



# Axe « Technologies »

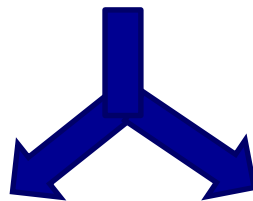
# Axe « Sys-Tec »

Proposer des technologies de rupture pour assurer un système flexible et résilient dans le contexte d'insertion massive de renouvelable

Réseaux électriques continus et électronique de puissance



Projet ciblé **DC Architect**



Digitalisation des systèmes énergétiques



Projet ciblé **AI-ENERGY**

+

**AAP** « Solutions technologiques pour la numérisation des systèmes énergétiques intelligents »



# Axe « Sys-Tec »

## Appel à projets

Fiabilité et sécurité

Architectures distribuées de  
systèmes cyber-physiques

AAP « Solutions technologiques  
pour la numérisation des systèmes  
énergétiques intelligents »

3,2M€

Facilité de déploiement

Jumeaux numériques pour les  
systèmes multi-énergies

**2 projets proposés couvrant les thématiques**

# Axe « Sys-Tec »

## Projet ciblé DC-Architect

Concevoir l'avenir des réseaux de distribution moyenne tension avec leurs composants électroniques de puissance



# Un consortium national structurant

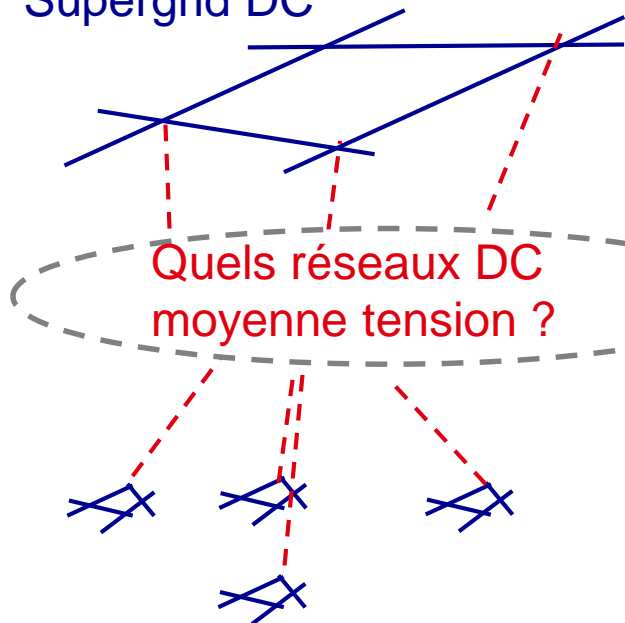
- **Etablissement porteur** : Univ. Grenoble-Alpes
- **Responsable du projet** : Dr. Vincent Debusschere
- **Durée du projet** : 66 mois
- **16 laboratoires** Génie Electrique

	Coût total	Aide demandée
Personnel	~4,5 M€	~3 M€ (16 thèses)
Total	~10 M€	~5,6 M€



# Quels réseaux électriques pour l'insertion massive d'EnR ?

Supergrid DC



Quelles architectures des réseaux DC+AC, quels niveaux de tension, quels modes de fonctionnement en régime de faute ... ?

Quels convertisseurs d'électronique de puissance avec quelles fonctions, quelle maintenabilité, quelle durabilité ?

Comment protéger et contrôler ses réseaux, avec quelle sécurité et fiabilité ?

Microgrids AC/DC

# Des solutions flexibles et résilientes conçues de manière optimisée

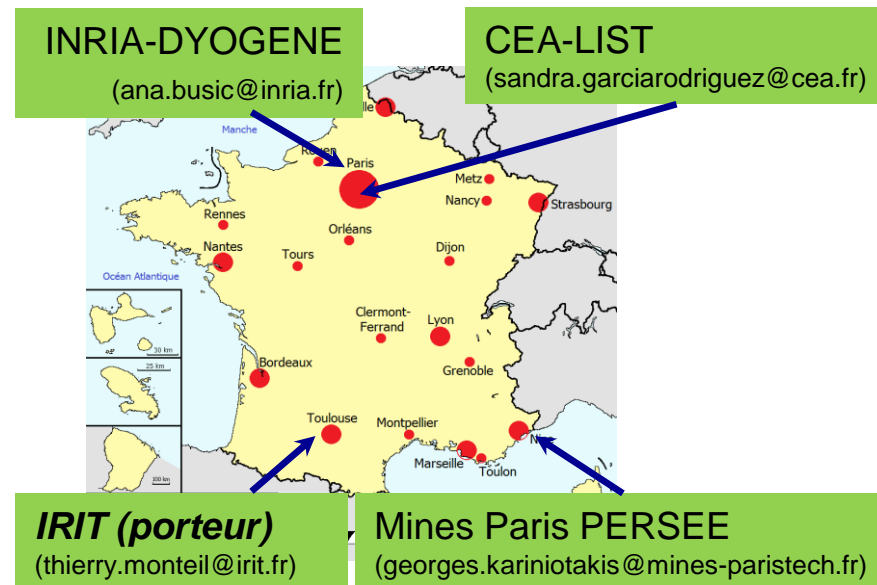
- Propositions d'architectures de réseau optimales
  - Scénarios de fonctionnement de ces nouveaux systèmes
  - Spécifications attendues pour l'électronique de puissance raccordée
- 
- Définitions de conditions pour un fonctionnement stable
  - Stratégies de pilotage et de protection
- Briques de conversion d'électronique de puissance pour les nouvelles architectures réseaux
  - Intégration des fonctions avancées (protections, stockage, changement de niveau de tension ...)

# Axe « Sys-Tec »

## Projet ciblé AI-ENERGY

Architecture d'intelligence artificielle distribuée pour les systèmes énergétiques du futur intégrant un grand nombre de sources distribuées

- **Etablissement porteur** : Univ. Toulouse III
- **Responsable du projet** : Prof. Thierry Monteil
- **Durée du projet** : 48 mois
- **4 laboratoires mariant leurs compétences** :
  - Architecture Internet des objets, cloud et fog, sémantique et gestion de données
  - Intelligence distribuée et robuste, modèles stochastiques
  - Réseau d'énergie, optimisation, contrôle et prédiction
- **Moyens** :
  - 11 chercheurs/enseignants, 7 doctorants, 4 post-docs
  - Subvention 1,9 M€ pour un coût total de 3,4 M€





# Comment traiter les données générées par la digitalisation des réseaux énergétiques ?

## Problématique :

- Digitalisation → grand volume de données pour la prédiction, le contrôle et l'optimisation avec leurs contraintes et spécificités.

## Objectifs :

- Des architectures logicielles en lien avec les standards
- Des méthodes, modèles et algorithmes d'intelligence distribuée pour accélérer la digitalisation



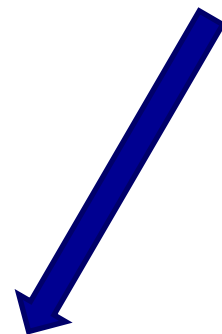
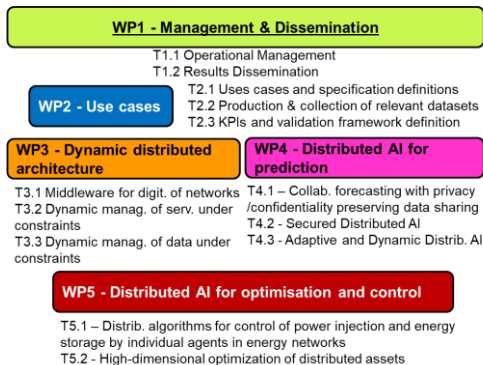
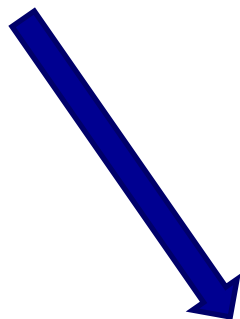
## Contraintes :

- Très grand nombre d'intervenants/d'équipements distribués
- Système dynamique et éléments connectés de manière intermittente
- Volatilité des données
- Vie privée et confidentialité

- Concevoir une architecture logicielle distribuée adaptative, performante, respectant les contraintes de confidentialité



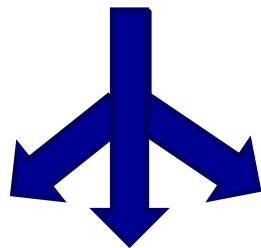
- Développer une IA distribuée pour des données volatiles



- Appliquer à des cas d'usage de réseaux énergétiques

# Axe « Technologies Photovoltaïques » (« PV-Tec »)

## Proposer des technologies de rupture pour du photovoltaïque efficient et soutenable



Nouvelles générations  
de cellules



Projet ciblé **IOTA**

+

**AAP** « Réduction des matériaux critiques  
dans les connexions électriques »

**AMI** « fiabilité »

Nouvelles générations  
de modules



Projet ciblé **Smart4module**

+

**AMI** « Enveloppes écoconçues »  
**AMI** « Modules intelligents »

# Axe « PV-Tec »

Appel à projets  
Appel à manifestation d'intérêt

- Les technologies des cellules PV doivent être soutenables
- Elles reposent sur des matériaux pouvant être critiques, et le plus souvent dans les connexions électriques (In, Ag)

AAP « **Réduire ou remplacer les matériaux critiques** dans les couches conductrices des cellules solaires »

1,5 M€

Développement de matériaux utilisant pas ou peu d'éléments critiques, atteignant les spécifications (conductivité, transparence)  
Développement de procédés de dépôt et de mise en forme des matériaux

**1 projet proposé couvrant les thématiques**

- Les technologies PV ont des contraintes fortes de fiabilité
- Ces contraintes sont un verrou essentiel pour l'adoption de nouvelles technologies

AMI « **Fiabilité** des technologies avancées de cellules photovoltaïques »

5 M€

- Proposer des procédures et des méthodes pour aider à comprendre la dégradation des matériaux et cellules solaires à des stades précoces, identifier les facteurs responsables de la dégradation et estimer leur cinétique
- Prédire les performances à long terme des cellules PV et éventuellement de proposer des solutions pour les améliorer

**1 projet proposé, couvrant les thématiques**

# Axe « PV-Tec » : AMI

- Les technologies PV de modules doivent être soutenables: bilan carbone et recyclabilité

AMI « **Recyclage et écoconception de modules photovoltaïques à faible empreinte carbone** »

**1,5 M€**

- Développement de matériaux d'enveloppe protecteurs à faible empreinte carbone, sans matériaux rares/critiques
- Développement de procédés de mise en forme à faible toxicité
- Prise en compte du recyclage et de l'analyse du cycle de vie

**1 projet proposé couvrant les thématiques**



- Les technologies PV de modules ont peu évolué
- Opportunité d'aller vers des modules avec intelligence embarquée

AMI « **Modules PV intelligents** »

**1,5 M€**

- Interfacer les cellules PV avec des capteurs et des interrupteurs, pour une surveillance de l'état de santé et l'amélioration des performances optimales des modules par une reconfiguration active des interconnexions.
- Proposer des algorithmes de gestion optimale de ces modules « augmentés »

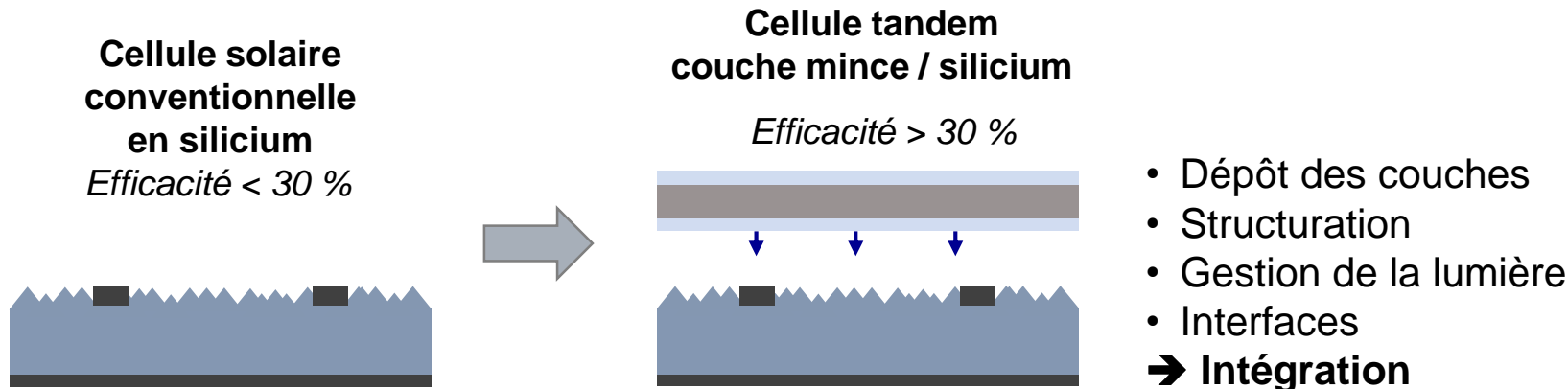
**1 projet proposé, couvrant les thématiques**

# Axe « PV-Tec »

## Projet ciblé IOTA Architectures tandem innovantes pour le photovoltaïque

# IOTA : préparer la prochaine génération de cellules solaires

- Cellules solaires en silicium : 95% du marché, avec une efficacité qui se rapproche de la limite théorique de 30%.
- Prochaine génération (>30%) : tandem couche mince / silicium.
- *Avec quels matériaux et quelle architecture ?*
- Besoin de ruptures technologiques, fort potentiel d'innovation



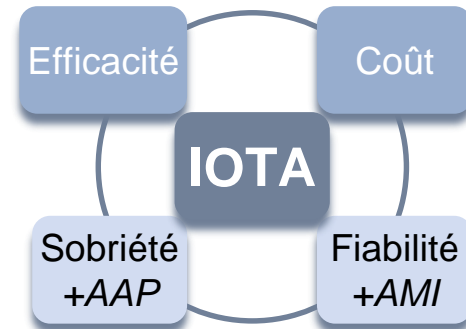
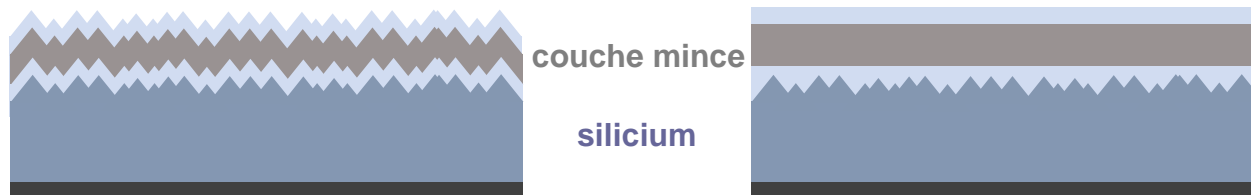
# IOTA : atteindre des rendements de conversion >30%

**Objectif** : développer de nouvelles solutions pour des cellules solaires tandem en couche mince / silicium, avec des procédés à faible coût et industrialisables.

- Construire de nouvelles architectures versatiles, ouvertes à l'ensemble des matériaux actuels et futurs
- Un prototype de cellule tandem à 2 terminaux >30% (TRL 4-5)

→ *Pour accélérer le transfert vers la filière industrielle française*

Cellule solaire tandem intégrée,  
obtenue par dépôt direct ou collage



# IOTA : un projet structurant la communauté PV française

**16 partenaires, dont 8 laboratoires « porteurs »**

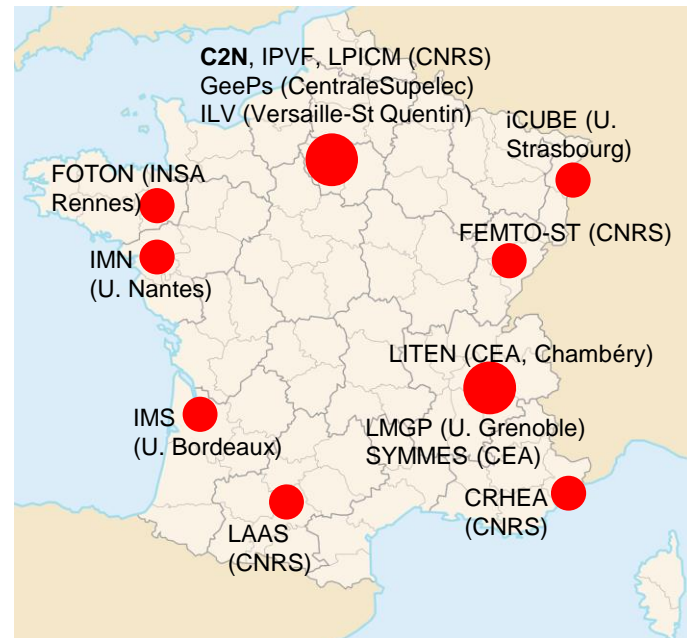
*Des compétences et savoir-faire complémentaires, offrant une grande variété de matériaux et de technologies.*

*Environ 40 chercheurs, 15 doctorants et postdoctorants*

**Etablissement porteur et responsable du projet:  
CNRS (C2N), Stéphane Collin**

Durée du projet: 60 mois

Coût complet / aide totale demandée : 7 303 536,32 € / 5 761 440,73 €



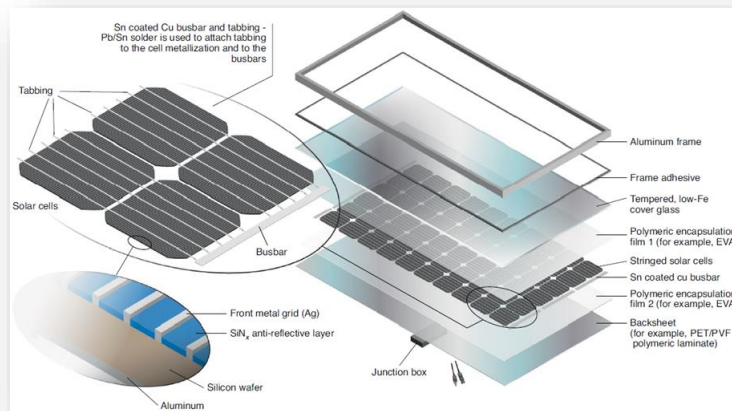
# Axe « PV-Tec »

## Projet ciblé SMART4MODULE

Blocs de construction plus intelligents et éco-innovants  
pour des modules photovoltaïques avancés

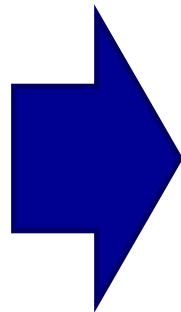
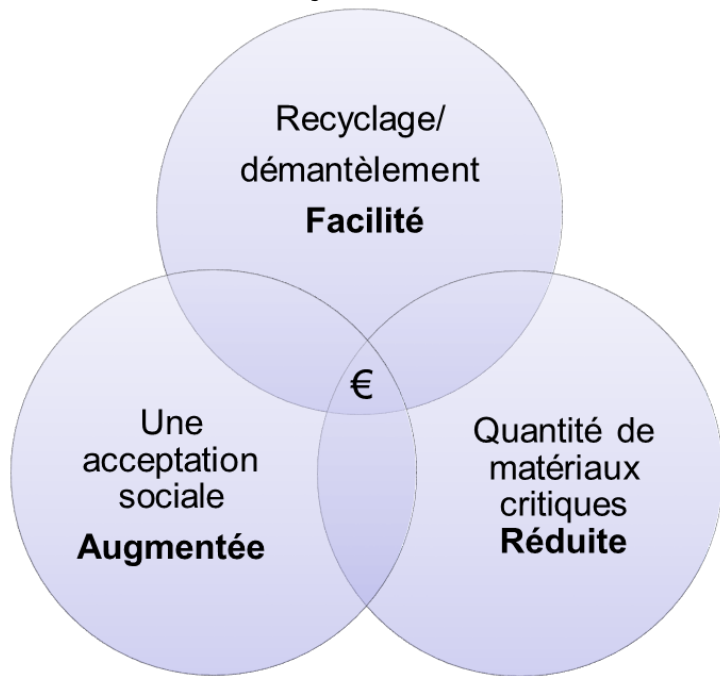
# Contexte, forces, défis

- Le module est le composant de base, avec un rendement de 20 % et une durée de vie > 20 ans: il remplit ses missions de base
- Nos industries en France sont surtout positionnées sur la fabrication de modules. La recherche est insuffisamment mobilisée et structurée dans ce domaine.
- Les modules ont encore peu évolué et ont un gisement d'innovation très important.



# intelligents dans une démarche d'éco-innovation

## Objectifs



## Résultats impactants en sortie de projet

Technologie  
d'encapsulation &  
Démarche d'éco-  
innovation

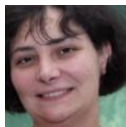
Transparence &  
Esthétisme des  
solutions PV

Eco Design  
Conception &  
Technologie  
d'interconnexion



## (Smarter and Eco Innovation building blocks for advanced PV Module)

- **Etablissement porteur et responsable du projet: CEA, Aude Der**  
Co-coordination: Corinne Alonso, Frédéric Sauvage, Lionel Hirsch



- **Durée du projet: 60 mois**
- **Coût complet / aide totale demandée: 5 469 102,86 € / 3 390 000,00 €**  
**10 thèses, 120 chercheurs.mois**
- **Un projet fédérateur sur l'ensemble de la chaîne de la valeur, 17 partenaires:**  
CEA (LITEN), CNRS (LAAS), Univ. Bordeaux (IMS), Univ. Picardie (LRCS), CNRS/HESAM Univ (PIMM),  
ARMINES – MINES Paris (CEMEF), Univ. PSL (LCPO, ESPCI), CNRS (LPICM, IPVF, XLIM), Sorbonne Univ.  
(LCMCP), Univ. Grenoble-Alpes (LMGP), Univ. Aix-Marseille (IM2NP, CINAM), Univ. Toulouse III (LAPLACE),  
Univ. Nantes (CEISAM)

## Table ronde sur les questions de sciences humaines et sociales

- Animation :

**Anne Dalmasso**

Vice-présidente « Recherche en sciences humaines et sociales » (UGA)

- Intervenants :

**Thomas Reverdy** (Grenoble INP - UGA), **Patrick Criqui** (CNRS),

**Xavier Arnauld de Sartre** (UPPA), **Claire Le Renard** (EDF – R&D)

# Sylvie Retailleau

## Ministre de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche



**PREMIÈRE  
MINISTRE**

*Liberté  
Égalité  
Fraternité*

**Secrétariat général pour l'investissement**



Retrouvez toutes nos actualités



PEPR «Technologies Avancées des Systèmes Energétiques » - TASE

