



convertisseur  
d'énergie  
**Intégré  
Intelligent**

# Enjeux et Avancées du projet CPER CE2I

## Convertisseurs d'Energie Intégrés Intelligents

Les rencontres  
de la Recherche  
& de l'Innovation



Événement animé par



Initié et  
financé par



Cofinancé par



Le projet est cofinancé par l'Union européenne  
avec le Fonds européen de développement régional



Horaire	Programme	Intervenants
9h30 – 10h	Accueil	
10h – 10h30	Introduction Générale	Porteur du projet CE2I : B. Lemaire Semail (L2EP – Lille1) – P. Ducasse (MEDEE)
10h30 – 11h15	Verrou technologique et scientifique 1 : Intégration des convertisseurs et montée en fréquence	N. Idir (L2EP – Lille1)
11h15 – 12h	Verrou technologique et scientifique 2 : Fiabilité fonctionnelle et structurelle des convertisseurs d'énergie	E. Semail (L2EP – Ensam) – J.-P. Lecointe (LSEE-U d'Artois)
12h – 13h30	Pause-déjeuner	Salle Pasteur
13h30 – 14h15	Verrou technologique et scientifique 3 : Gestion thermique des convertisseurs intégrés	S. Harmand (LAMIH – UVHC)
14h15 – 15h	Verrou technologique et scientifique 4 : Prototypage virtuel et optimisation	Y. Le Menach (L2EP – Lille1) – F. Gillon (L2EP – Centrale) – R. Romary (LSEE – U d'Artois)
15h – 16h	Débat : - mise en perspective par rapport aux projets européens - contraintes normatives, sécurité - projets effet de levier...	Animateurs : B. Lemaire Semail (L2EP – Lille1) – P. Ducasse (MEDEE) – P. Thomas (EDF) – A. Fasquelle (Jeumont Electric)
16h – 16h30	Cocktail de fin de journée	

## 1. Historique du projet CE2I

*Paul Ducasse, directeur du pôle MEDEE*

.....

## 2. Enjeux, organisation et moyens de CE2I

*Betty Semail, directrice du L2EP, coordinatrice*

MEDEE : Pôle de Recherche depuis 2002  
Son ADN : La machine électrique.

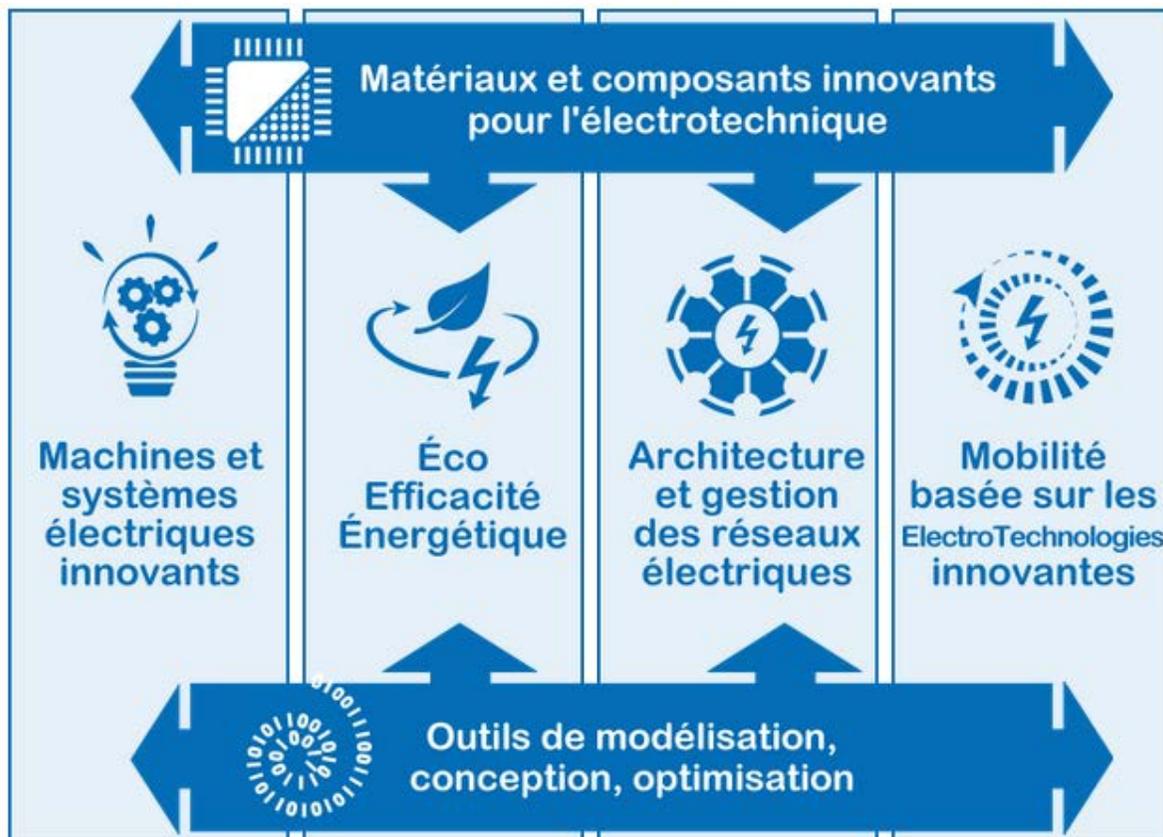
Premier « CPER 2007 – 2013 » : Bilan 13 postes créés

VALORISATION	Période CPER
Thèses soutenues	51
dont CIFRE	21
dont Région avec un cofinancement industriel	14

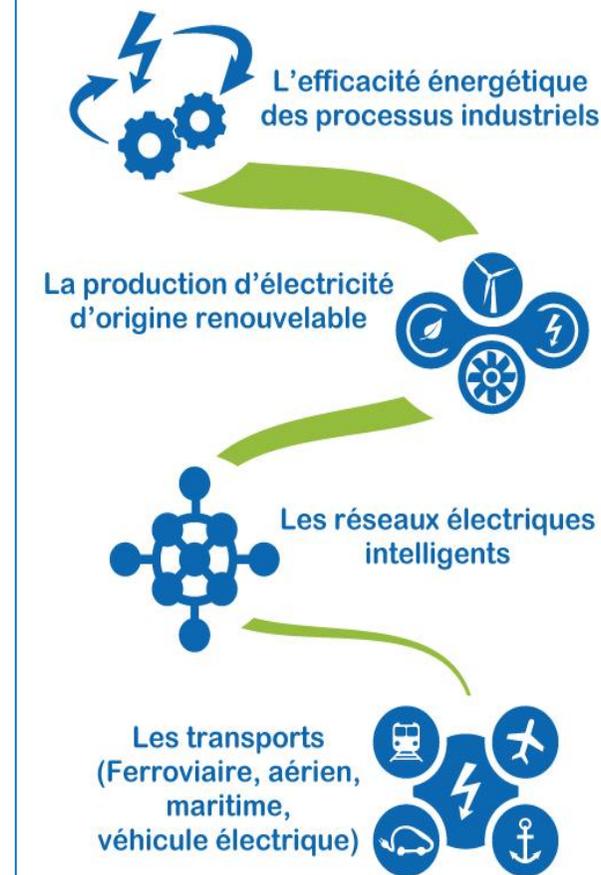
Publications et Brevets	31-déc.-13
Nombre de publications internationales de rang A (à comité de lecture)	108
Nombre de brevets	8

## Le « marché » du pôle MEDEE

### AXES R&D



### Marchés cibles



## Genèse du projet CE2I :

Une réflexion collégiale entamée fin 2013 par la communauté scientifique MEDEE, sur la base des travaux du CPER précédent :

La thématique ; « Composants et chaînes électriques courants forts » retenue dans la SRI-SI NPdC (2015)

Proposition de Projet CE2I, retenue dans le cadre du CPER 2015 - 2020

## 1. Convertisseurs d'énergie intégrés intelligents: quels besoins?

.....

## 2. Cahier des charges, état de l'art, verrous

.....

## 3. Organisation du projet et moyens

.....

## Transition Energétique du 21<sup>ème</sup> siècle: le vecteur électricité

- Des transports « plus » électriques
- Des process industriels plus efficients
- Des systèmes de production d'énergie multiples
- ....

## Généralisation de la modalité électrique

- Convertisseurs d'énergie assurant de larges plages de fonctionnement
- Convertisseurs d'énergie « plug and play »
- Convertisseurs d'énergie « abordables »
- Convertisseurs d'énergie compacts et intégrés
- Convertisseurs d'énergie fiables et auto-reconfigurables
- Convertisseurs d'énergie éco-efficaces

**Convertisseurs  
d'Énergie  
Intégrés  
Intelligents**



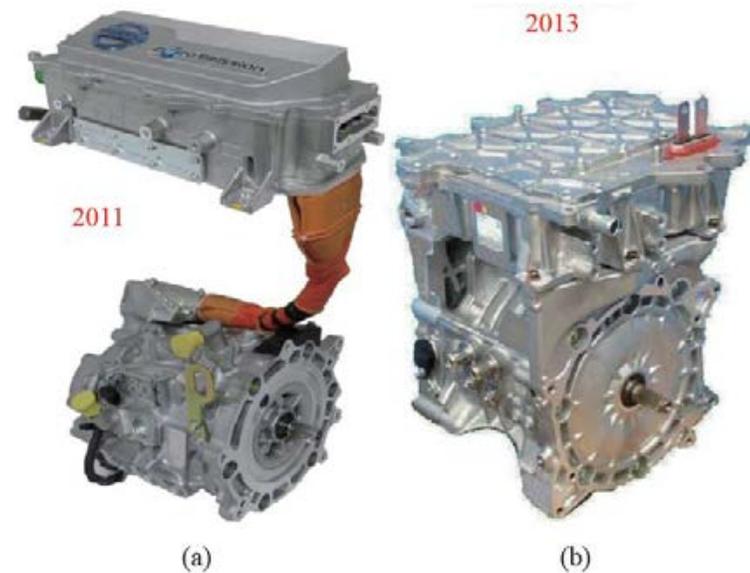
*Conventional  
Motor  
Drive*



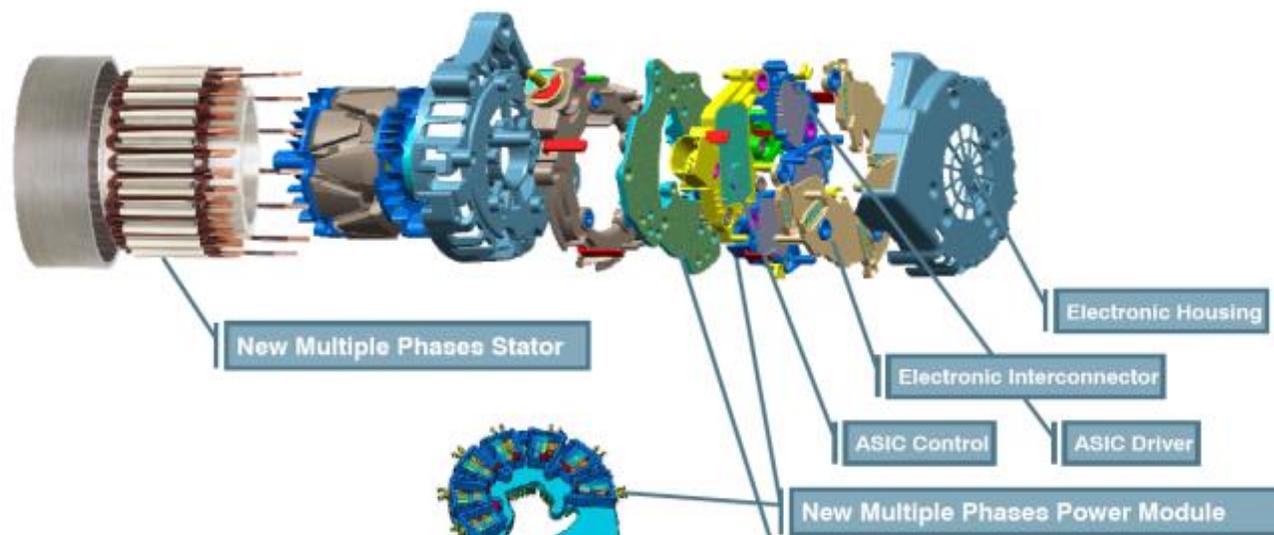
*Integrated  
Motor  
Drive*

Integrated motor drive concept contrasted with conventional drive (Image sources: Rockwell Automation, US Motors, Bosch Rexroth).

- Réduction de masse
- Réduction de volume
- Coût
- Production simplifiée
- Fiabilité accrue



- Réduction de masse
- Réduction de volume
- Coût
- Production simplifiée
- Fiabilité accrue



VALEO 2010

- Réduction de masse
- Réduction de volume
- Coût
- Production simplifiée
- Fiabilité accrue



SIEMENS  
2015



### Benefits at a glance

- Integrated drive unit consisting of electric motor and inverter
- Common housing with innovative, joint cooling circuit
- Faster installation due to reduction in interfaces with other components
- Induction or synchronous motors available

Max. power 60 kW

Max. torque 240 Nm

Motor weight 55 kg

Max. efficiency up to 95%

- Réduction de masse
- Réduction de volume
- Coût
- Production simplifiée
- Fiabilité accrue



SIEMENS  
2015

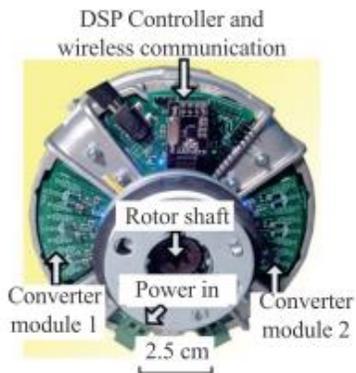
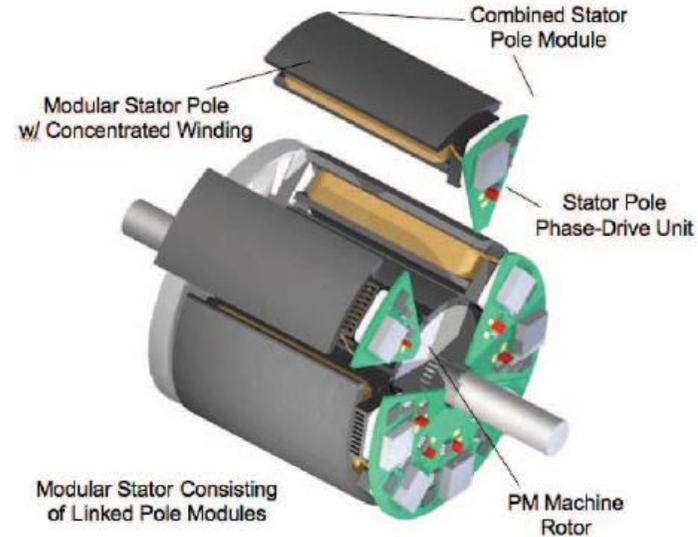
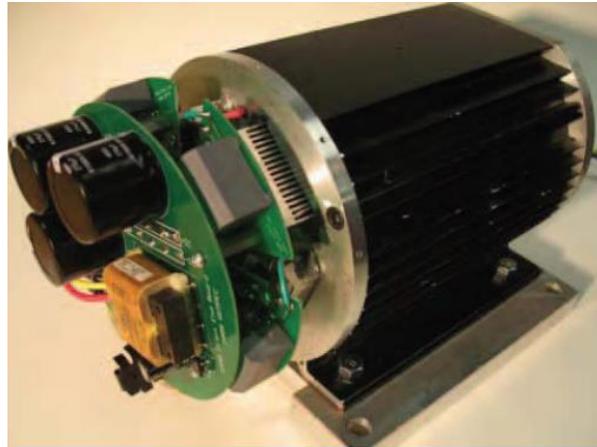


$P_{180s} = 80 \text{ kW}$   
 $N_{\max \text{ intern}} = 11000 \text{ rpm}$   
 $M_{180s} = 70 \text{ Nm}$   
 $N_{\max \text{ shaft}} = 2400 \text{ rpm}$   
Liquid cooled  
 $P_{\text{cont.}} = 65 \text{ kW}$   
weight = 13 kg  
~ 5 kW / kg  
including inverter &  
gearbox

Pour aller plus loin:

- Compacité-intégration: -utilisation de composants à grand gaps,  
-systèmes de refroidissement adaptés
- Fiabilité fonctionnelle: utilisation de machines polyphasées
- Fiabilité structurelle: -utilisation de machines haute température,  
-bobinages simplifiés
- Contrainte environnementale: limitation des pertes, ACV

- Université du Wisconsin-Madison (T.M. Jahns):  
Integrated Modular Motor Drive



### 2012 Electric Drive System

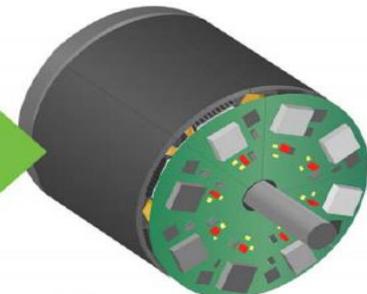
\$30/kW, 1.1 kW/kg, 2.6 kW/L  
90% system efficiency (on-road status)

- Discrete Components
- Silicon Semiconductors
- Rare Earth Motor Magnets

### 2014 Electric Drive System (R&D target)

\$15/kW

- 4X Cost Reduction
- 35% Size Reduction
- 40% Weight Reduction
- 40% Loss Reduction



### 2022 Electric Drive System

\$8/kW, 1.4 kW/kg, 4.0 kW/L  
94% system efficiency (R&D target)

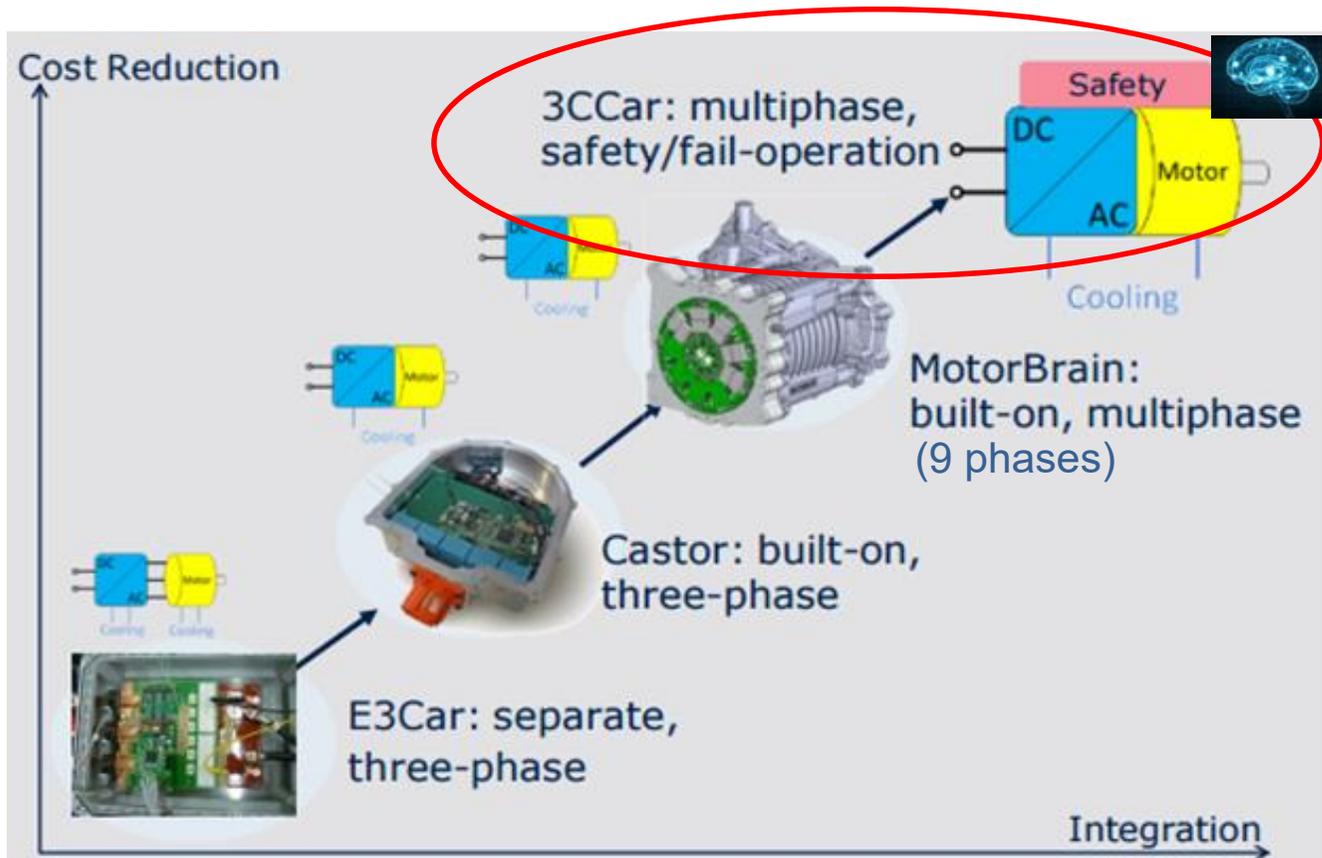
- Fully Integrated Components
- Wide Bandgap Semiconductors
- Non-rare Earth Motors



Fig. 5. US DOE 2022 electric drive system target for electric vehicle [57]

- Projets européens MotorBrain et 3CCar (depuis 2015)

SIEMENS  
INFINEON  
DAIMLER  
VALEO



- La maîtrise des composants grands gaps et de leurs drivers
- La maîtrise de la montée en fréquence (CEM)
- La maîtrise du refroidissement du convertisseur statique et de la machine
- La maîtrise des vibrations mécaniques
- La maîtrise algorithmique des fonctionnements dégradés
- La montée en température des composants machine
- L'avènement de prototypes virtuels fiables
  
- La multidisciplinarité des problèmes.....

## Pourquoi CE2I en région Hauts de France?

- Un tissu de laboratoires complémentaires et cohérents

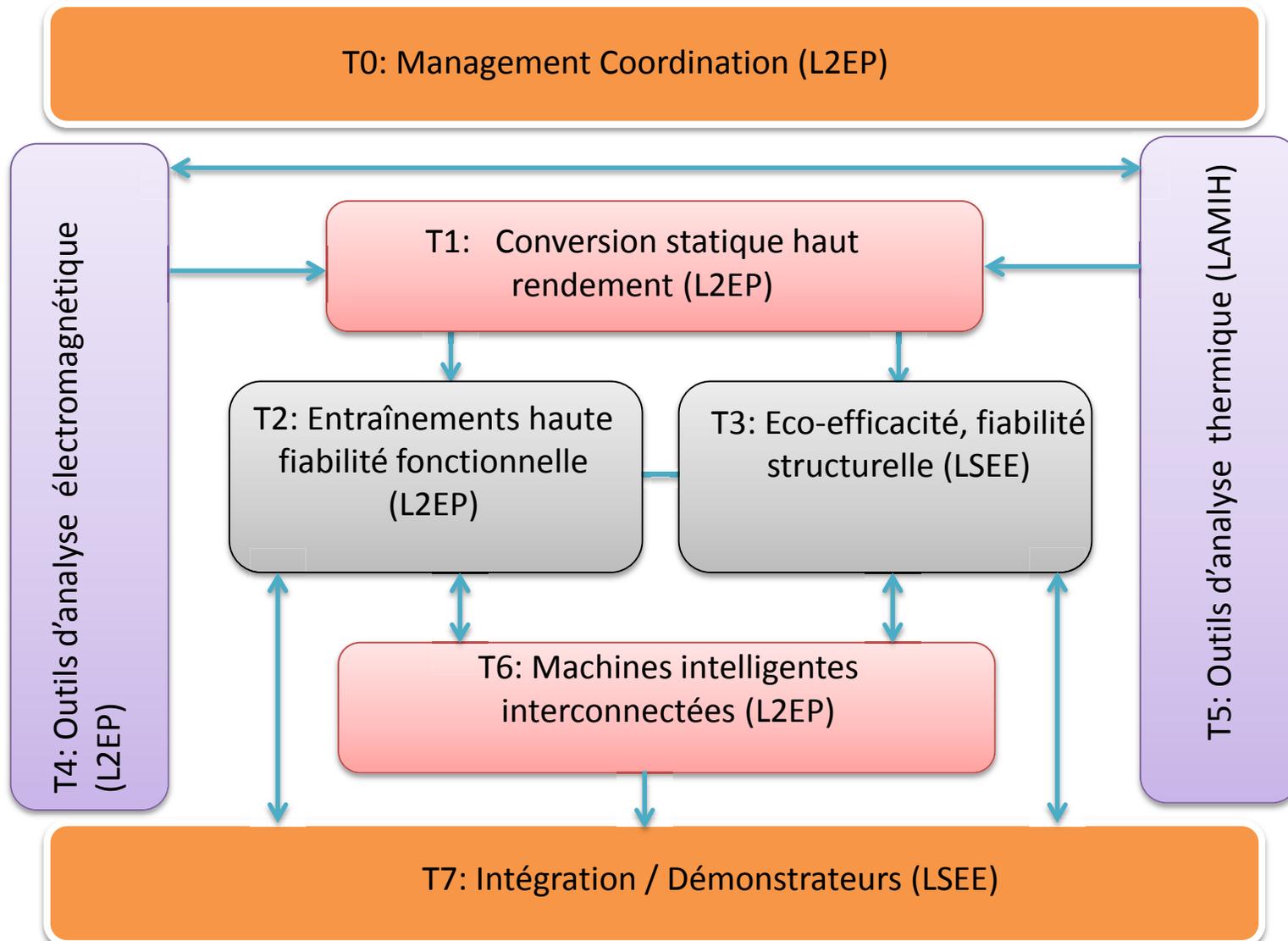


- Des collaborations partenariales établies via le Pôle MEDEE



- Une inscription forte dans la SRI-SI (*Développement des composants et chaînes électriques courant fort*) et dans le contexte de la TRI

## Organisation en 7 tâches (voir site web <http://ce2i.pole-medee.com>)



## Les moyens du CPER et les partenariats industriels

**CE2I 2015-2020: 11M€**

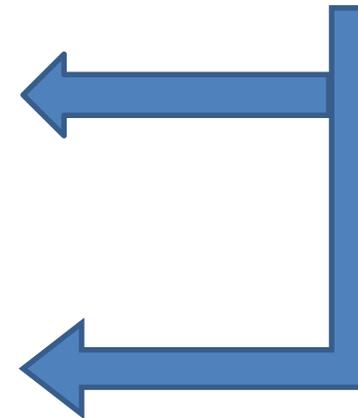
**Etat-Région 4,6 M€**

**FEDER**

**Etab.**

**Industrie**

- Au cœur de CE2I: insertion dans l'une des tâches
- De façon connexe: projet effet levier



Projet « Effet de levier » : Projet de R&D collaboratif, qui n'entre pas dans le périmètre strict de CE2I,

- en synergie avec son objectif scientifique
- profitant des connaissances acquises par ailleurs.

Intérêt pour l'industriel

- Bénéficiaire de moyens expérimentaux mutualisés
- Partager le PI acquise sur ce projet
- Profiter de financements Région/FEDER



convertisseur  
d'énergie  
**Intégré  
Intelligent**

# Merci pour votre attention -Questions-

Les rencontres  
de la Recherche  
& de l'Innovation



Événement animé par



Initié et  
financé par



Cofinancé par



Le projet est cofinancé par l'Union européenne  
avec le Fonds européen de développement régional

