



# Atelier MEDEE FOCUS n°5

Mardi 10 octobre 2023 – Arts & Métiers de Lille - hybride

**Faciliter la connexion des véhicules électriques au réseau**

# Programme

## 10h10 Présentation du projet GROUPEE 4.0 et résultats des modélisations

Introduction du projet – **Partenord Habitat**

Par A. Botquin, Expert innovation, Partenord Habitat



Modélisations et scénarios du projet – **Arts & Métiers, laboratoire L2EP**

Par T. Roillet, Ingénieur d'études, L2EP

D. Marin, Ingénieur de recherche, L2EP



## 10h45 Nouveaux services de recharge pilotés : vers une gestion optimisée des flux de puissance entre réseau et véhicule

Table-ronde animée par **S. Drouart**, Responsable de projets R&D&I au pôle MEDEE



Avec D. Grimopont, Directeur industriel, DBT

N. Devaux, Responsable Mobilité électrique/Hydrogène/RSE, ENEDIS Nord Pas-de-Calais



M. Sechilariu, Directrice du laboratoire Avenues de l'Université de Technologie de Compiègne



T. Roillet, Ingénieur d'études, L2EP

## 11h45 La transdisciplinarité de la recherche en génie électrique

Par S. Clenet, Professeur des universités aux **Arts & Métiers**



# Partie 1 – Présentation du projet GROUPEE 4.0 et résultats des modélisations



**A. Botquin**, Expert innovation, Partenord Habitat

**T. Roillet**, Ingénieur d'études, Arts & Métiers – L2EP

**D. Marin**, Ingénieur de recherche, Arts & Métiers - L2EP





**Aurélie BOTQUIN**  
**Expertise innovation**  
**Chez Partenord Habitat**

[abotquin@partenordhabitat.fr](mailto:abotquin@partenordhabitat.fr)  
[partenordhabitat.fr](http://partenordhabitat.fr)

# Retour d'expérience sur le projet GROUPEE 4.0



## L'ensemble immobilier du siège

### la vitrine de Partenord Habitat & le démonstrateur du projet GROUPEE 4.0



Le Tripolis, le Siège, l'Îlot Saint So et les commerces 14 500 m<sup>2</sup> SP

- Haute performance énergétique
- Faible empreinte carbone E+C-
- Equipements de haute technologie
- EnR et récupération d'énergie fatale
- Réseau de chaleur
- Gestion technique du bâtiment
- Gestion des eaux pluviales
- Services aux utilisateurs

Livraison octobre - novembre 2020

# Retour d'expérience sur le projet GROUPEE 4.0

## Visionnage des vidéos: Motion design (2.23) + Unirev3 (4.23)



<https://www.pole-medee.com/portfolio/groupee-4-0-gestion-renouvelable-optimisee-dunites-de-productions-de-biens-et-services-energetiquement-efficaces/>

**LILLE**

- Résidence l'Îlot St So
- 50 logements sociaux

**IMAGINER  
LES MODÈLES  
ÉNERGÉTIQUES  
DE DEMAIN**

- + Autoconsommation collective
- + Mobilité électrique
- + Borne de recharge bidirectionnelle

# Retour d'expérience sur le projet GROUPEE 4.0

## Le contexte



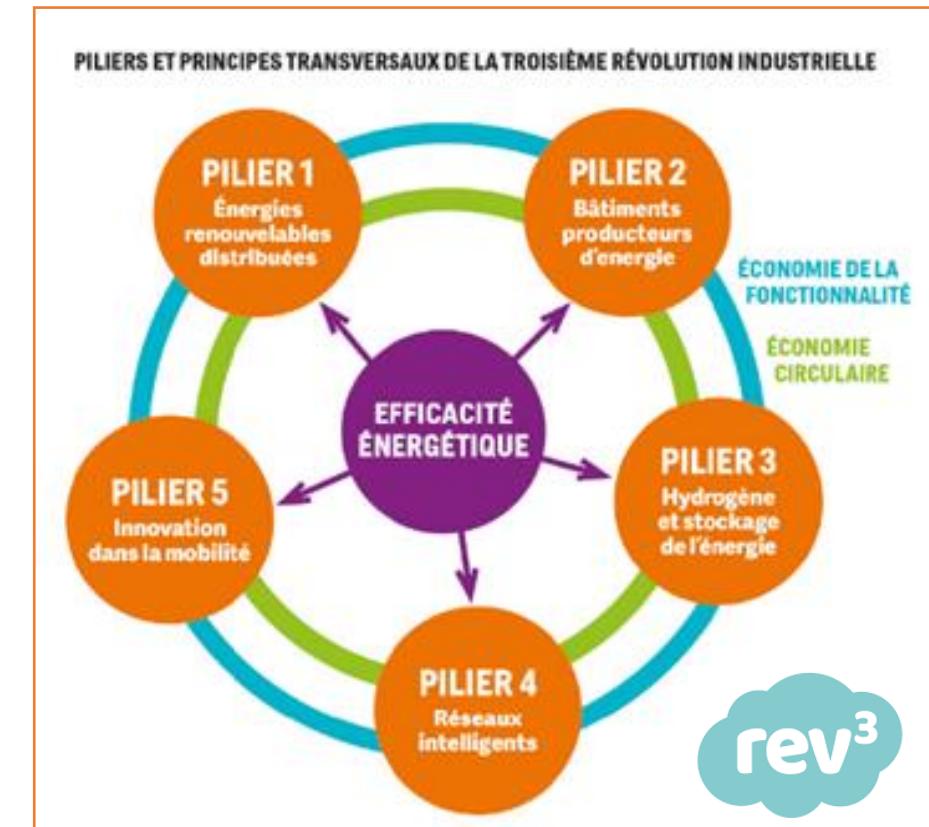
Gestion Renouvelable Optimisée d'Unités de Production de biens et de services Energétiquement Efficaces « Flexibilités énergétiques en ville »



### « Une volonté de créer un partenariat avec le monde de la recherche et des entreprises »

C'est dans cette démarche que Partenord Habitat avec ses partenaires ont décidé d'expérimenter l'association de nouveaux usages de la Transition Energétique : la mobilité électrique en autopartage et l'autoconsommation collective (ACC) dans le logement social.

Projet mené avec le Pôle MEDEE, le CORREI (visant à fédérer les acteurs des réseaux électriques intelligents) s'inscrit dans l'ambition régionale de 3ème révolution industrielle (rev3) : inventer un nouveau modèle économique pour faire des Hauts-de-France à l'horizon 2050, l'une des régions du monde les plus efficaces et productives, en matière d'économie décarbonée.





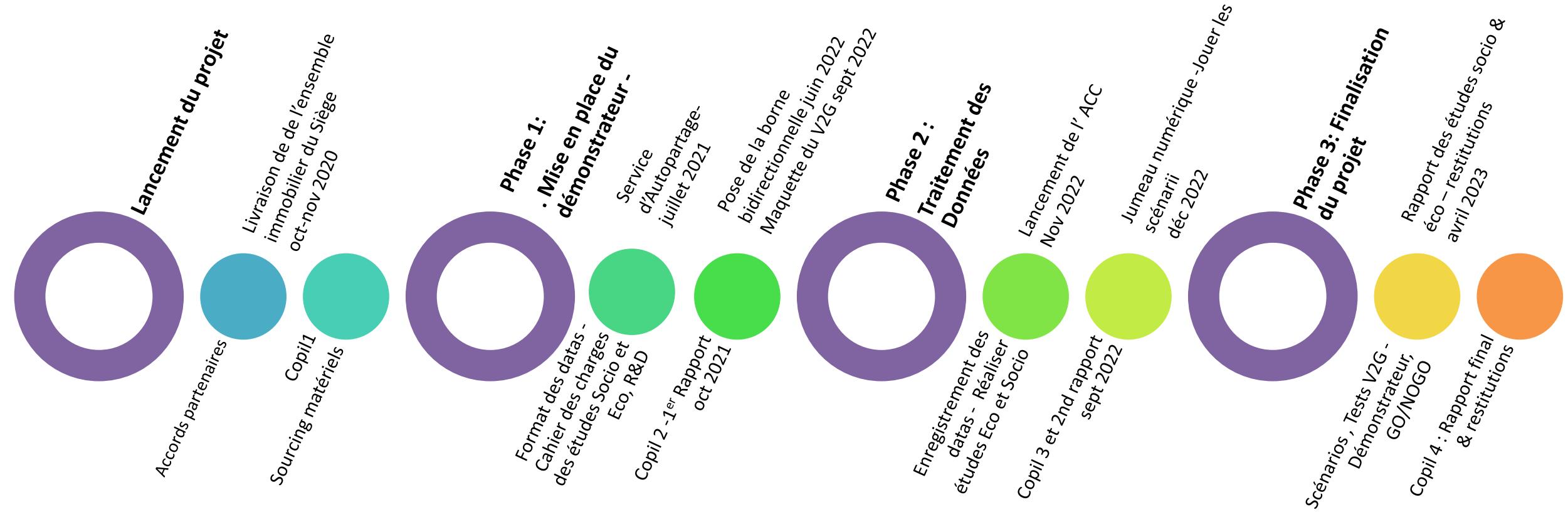
## Finalités du projet



- **1- Apporter de nouveaux services de mobilité électrique via l'autopartage aux usagers du démonstrateur Partenord**
  - Déterminer la réplicabilité et les conditions d'optimisation de son utilisation,
  - Construire un business model rentable avec l'entreprise proposant ce service,
  - Déterminer de quelle façon les nouveaux usages de la Transition Ecologique permettent de renforcer le modèle de l'autopartage dans le logement social.
- **2- Mettre en place un système de pilotage intelligent d'une borne de recharge bidirectionnelle intégrant le V2G comme acteur de l'opération d' ACC :**
  - Intégrer une borne bidirectionnelle raccordée en V2G à l'autoconsommation collective avec la centrale photovoltaïque,
  - Modéliser l'ACC intégrant le V2G via le logiciel Matlab des Arts et Métiers (L2EP),
  - Tester différents scénarii par la modélisation.



# Déroulé du projet



# Retour d'expérience sur le projet GROUPEE 4.0



## Partenaires du projet



CE PROJET EST COFINANÇÉ PAR L'UNION EUROPÉENNE AVEC LE FONDS EUROPÉEN DE DÉVELOPPEMENT RÉGIONAL



# Retour d'expérience sur le projet GROUPEE 4.0



## ETUDE SOCIOTECHNIQUE DU SERVICE D'AUTOPARTAGE

### « Autopartage et mobilité bas carbone en logement social dans un contexte d'autoconsommation collective »

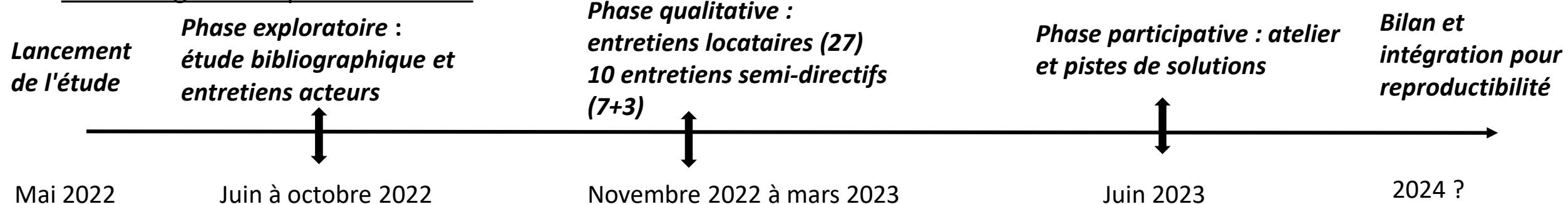


La démarche développée et suivie pour mener à bien l'étude sociologique s'est composée de trois étapes : une phase exploratoire, une phase qualitative et quantitative et une phase participative.

#### Objectifs de l'étude :

- Saisir les représentations et les usages des locataires vis-à-vis des dispositifs de production et de consommation d'énergie et de leurs habitudes de déplacement, vis-à-vis de la transition énergétique
- Saisir les perceptions des locataires, les points clés ou les points bloquants vis-à-vis de l'utilisation du service d'autopartage mis à disposition dans la résidence
- Mesurer le degré de connaissance et de satisfaction des usagers sur le confort thermique, la performance énergétique et les services proposés dans leur résidence.

#### Chronologie et étapes de l'étude :



# Retour d'expérience sur le projet GROUPEE 4.0



## ETUDE SOCIOTECHNIQUE DU SERVICE D'AUTOPARTAGE



**Sociotopie\***

*Sociotopie est un atelier de Sciences Humaines et Sociales appliquées, basé à Lille en région Hauts-de-France, spécialisé en sociologie urbaine et fondé par Maya Leclercq en 2017. L'équipe se compose aujourd'hui d'une anthropologue, une psychologue sociale et deux sociologues.*



*Maya Leclercq*

*Socio-anthropologue, fondatrice de Sociotopie*

*Consultante et chercheure indépendante depuis plus de 10 ans, spécialisée sur les politiques urbaines, la consommation énergétique et la mobilité*



*Matiline Paulet*

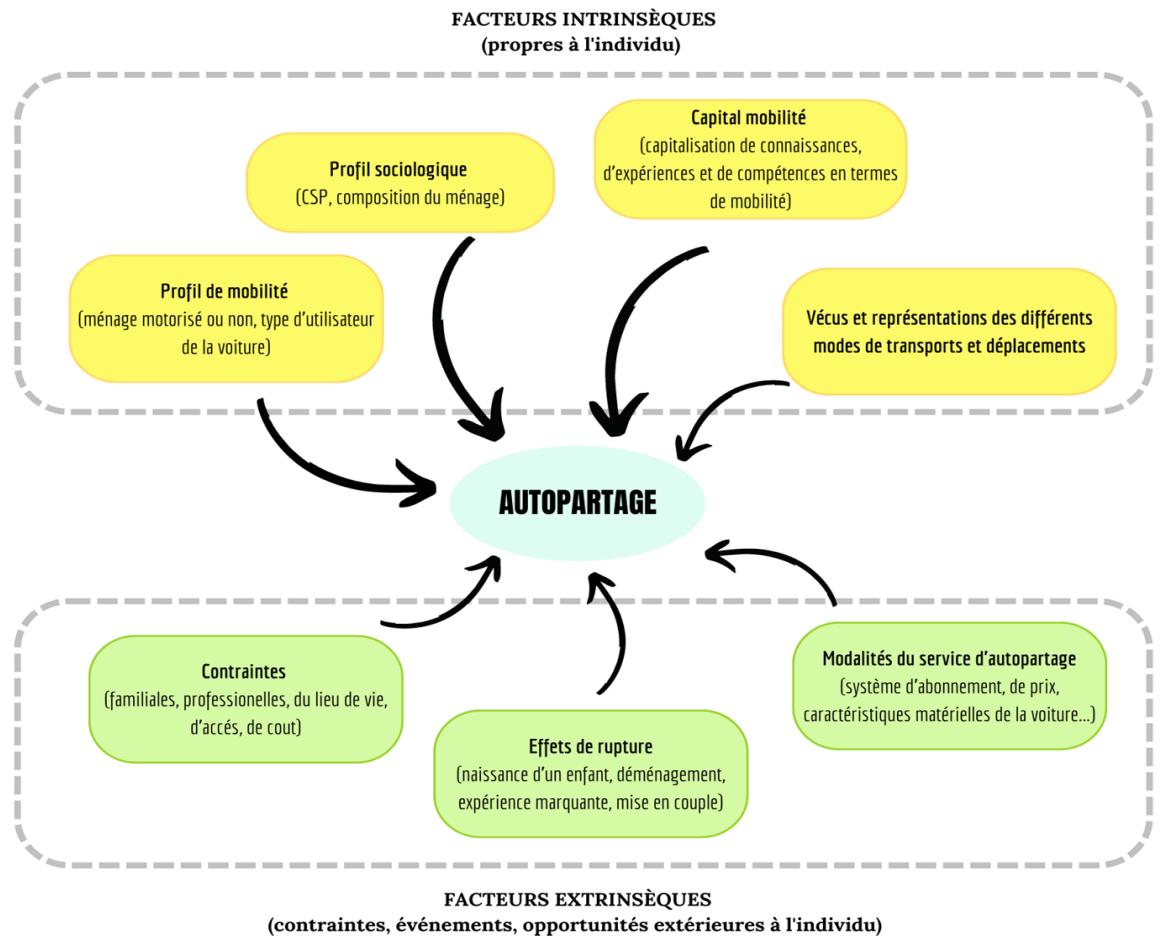
*cheffe de projet pour l'étude sociologique*

*Spécialisée sur les problématiques socio-environnementales, elle s'intéresse aux relations entre l'Homme et son environnement. Elle travaille également sur les thématiques liées à la précarité énergétique, aux pratiques d'économie d'énergie et à la manière dont les citoyens s'approprient les nouveaux dispositifs de production et de consommation d'énergie (panneaux solaires, éoliennes...).*

# Retour d'expérience sur le projet GROUPEE 4.0



## ETUDE SOCIOTECHNIQUE DU SERVICE D'AUTOPARTAGE



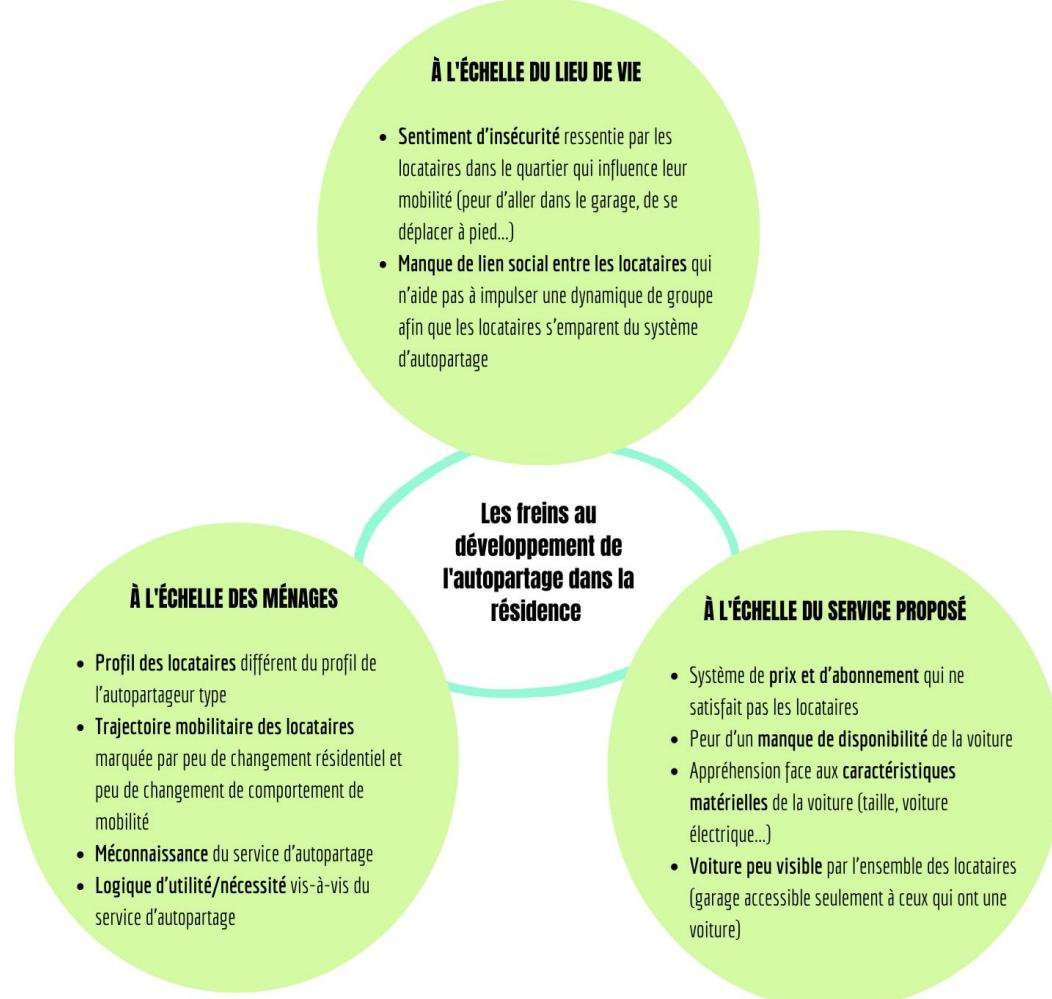
L'étude sociotechnique a permis de mettre en avant les nombreux facteurs intrinsèques et extrinsèques, interdépendants les uns des autres susceptibles de jouer sur l'utilisation du système d'autopartage de la résidence. Aucun des facteurs pris indépendamment ne permet d'expliquer à lui seul l'utilisation ou non de l'autopartage, il est question d'un phénomène complexe et multifactoriel.

Mieux comprendre ces facteurs susceptibles de jouer sur l'utilisation ou non d'un de transport et agir en considération constitue les éléments clés pour aller vers un système d'autopartage plus fonctionnel et plus utilisé.

# Retour d'expérience sur le projet GROUPEE 4.0



## ETUDE SOCIOTECHNIQUE DU SERVICE D'AUTOPARTAGE



Elle a également permis d'identifier plusieurs freins à l'utilisation de l'autopartage, certains liés directement au fonctionnement du service, d'autres au contexte local de la résidence et à l'histoire personnelle des locataires.

Domaine d'action possibles pour Partenord Habitat :

- Sentiment d'insécurité,
- Lien social entre les résidents,
- Connaissance et visibilité du service d'autopartage,
- Lisibilité et simplification du prix du service, adapté au profil de nos locataires,
- Disponibilité et caractéristiques matérielles du/des véhicules,
- Facilitation des accès,

## Retour d'expérience sur le projet GROUPEE 4.0



## Organisation d'un atelier participatif :



Face à l'ensemble des freins identifiés, l'étude a été complétée d'un atelier participatif de co-production avec les parties prenantes, lors duquel ont été élaborées des **pistes de solutions concrètes et adaptées** au contexte de la résidence de l'îlot Saint So afin d'aller vers un **système d'autopartage plus fonctionnel et plus approprié aux locataires**, à leurs besoins et leurs usages.

Parmi elles 3 fiches actions ont été élaborées sur les 3 volets suivants :

- La communication,
- L'incitation,
- et l'expérimentation.



**Thomas ROILLET**  
**Ingénieur d'études**  
**au L2EP**

[Thomas.ROILLET@ensam.eu](mailto:Thomas.ROILLET@ensam.eu)  
[l2ep.univ-lille.fr](http://l2ep.univ-lille.fr)

**Daniel MARIN**  
**Ingénieur de**  
**recherche au L2EP**

[Daniel.MARIN@ensam.eu](mailto:Daniel.MARIN@ensam.eu)  
[l2ep.univ-lille.fr](http://l2ep.univ-lille.fr)



# MEDEE FOCUS



GROUPE 4.0 V2G  
Daniel MARIN  
Thomas ROILLET



10/10/2023

# Equipe réseaux du L2EP

## Arts et Métiers , campus de Lille

**Missions: construire et tester un jumeau numérique**  
**« Image du bâtiment démonstrateur**  
**de PARTENORD HABITAT »**



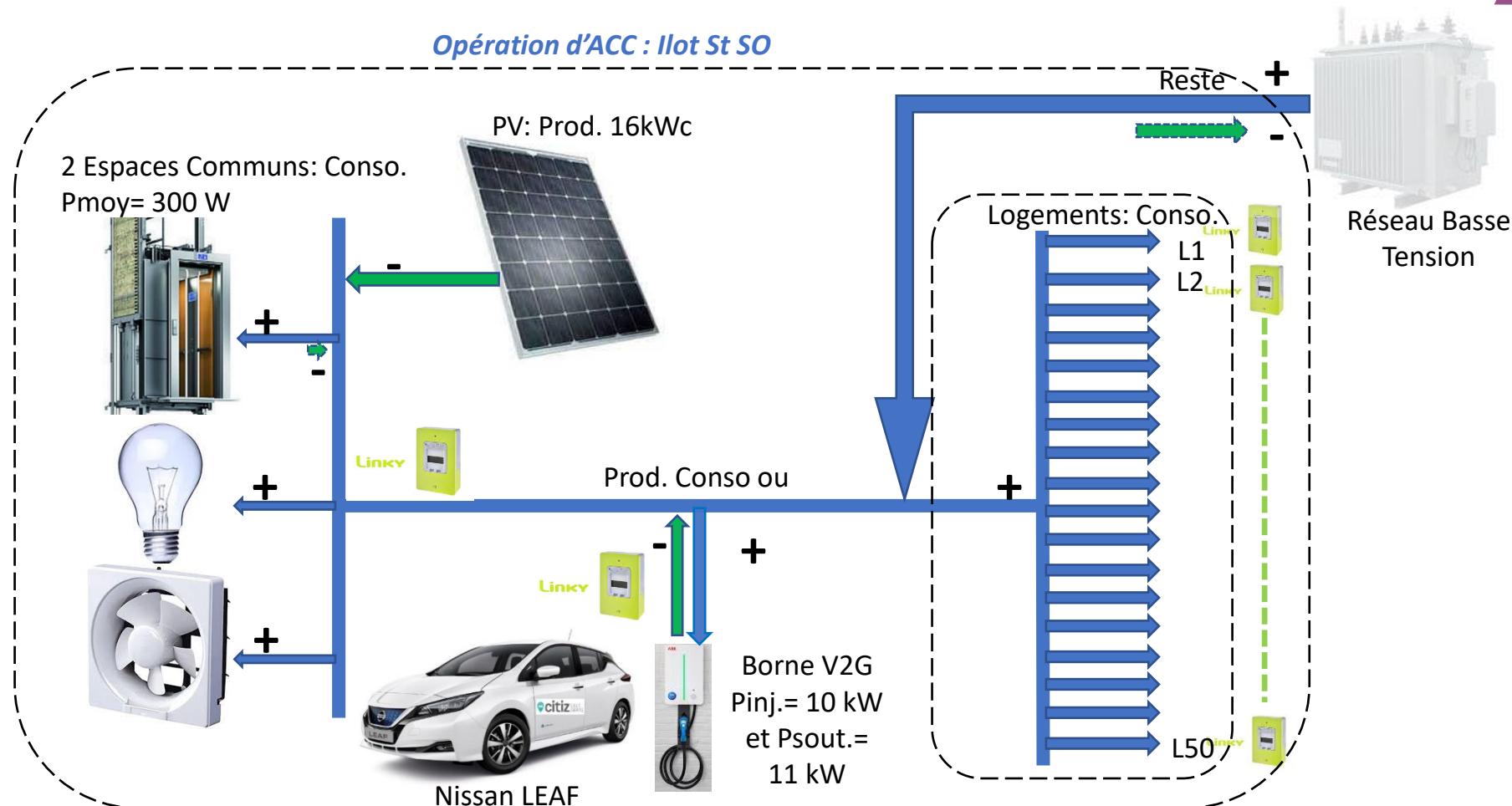
# « Numériser » le Démonstrateur échelle 1 Complexe

*Prise en compte des  
Usages: Etude Socio  
et datas CITIZ*

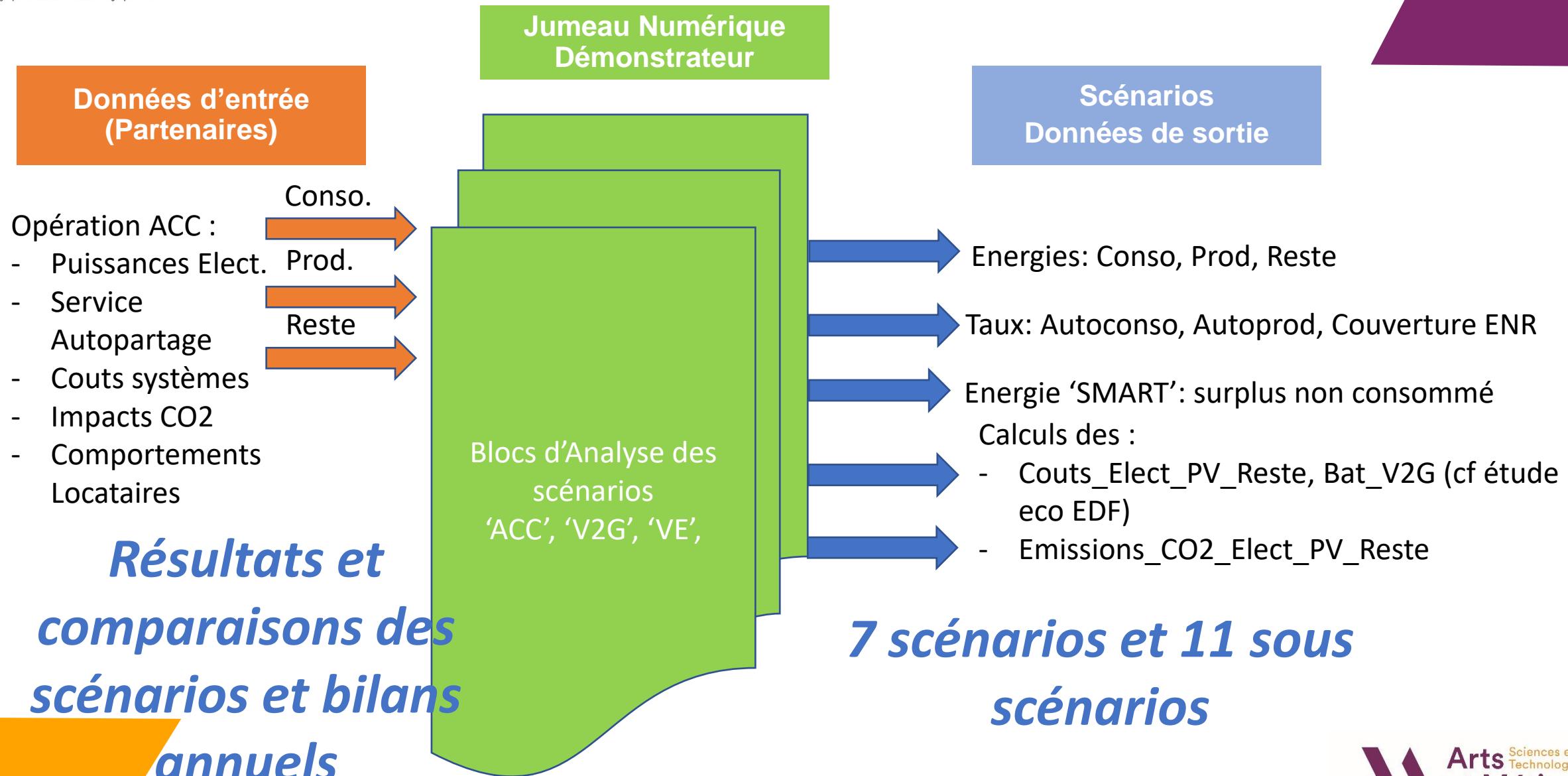
*Prise en compte  
des coûts: Etude  
Economique*



# Composants du Jumeau numérique: 'ACC' et 'V2G'

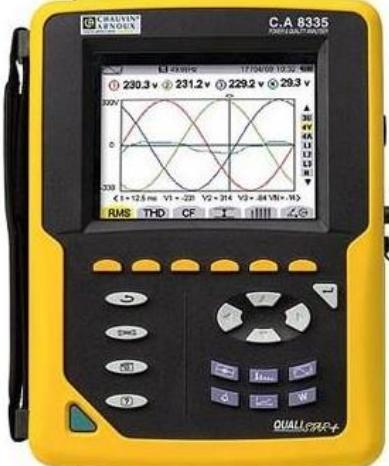


# Structure du Jumeau : ACC et V2G



# Tests de roulage VE :

- Autonomie LEAF (40 kWh) de CITIZ
- Différencier la consommation des composants du Véhicule Electrique

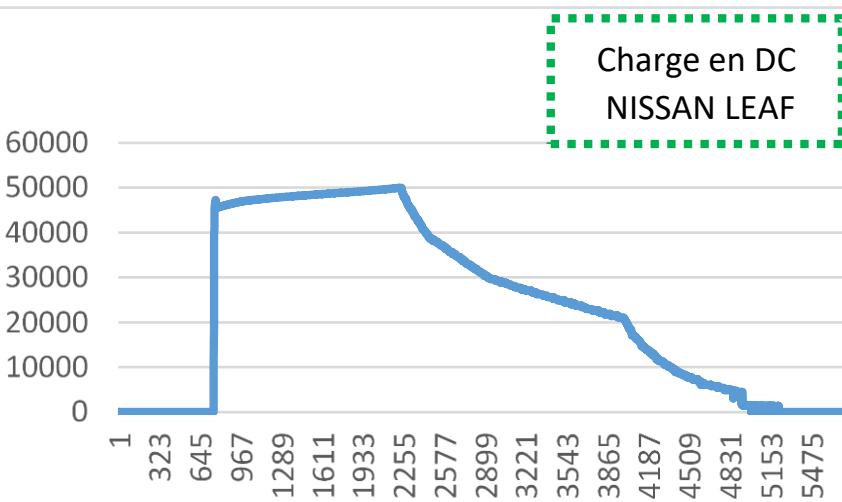


# Test V2G :

- **Pilotage Borne ABB sous - API « POSTMAN » (javascript )**
- **Plateforme EPMLAB Recup / Interprétation données du VE : datas issues de l'OBD ( API CARSCANNER) essais**

## Test Recharge LEAF :

- **Déterminer le temps de charge et décharges : essais V2G**
- **Temps de Recharge : courbe**



# Test V2G :

**Evolution de la puissance DC mesurée sur la batterie en fonction de la puissance AC mesurée sur le réseau (injection ou soutirage)**

- **Détermination des Pertes conversion**
- **Détermination des harmoniques**

**Mesures (tension, Courant, Harmonique) la Puissance Charge et Décharge V2G**



**Datas issues de l'OBD ( API CARSCANNER)**

# Blocs de Calculs et de mise en forme des données du Jumeau numérique

## Bloc d'intégration des productions et de consommations

- Photovoltaïque
- VE en autopartage
- IRVE V2G
- Immeuble: Charge VE, Appartements, Communs

## Blocs de paramétrage des scénarios:

- Avec ou sans V2G, limite charge/décharge, type de Roulage, Puissance crête, Nombre de Communs, nombre d'Appartements.

## Blocs de calculs des résultats des Scénarios ( annuel ) :

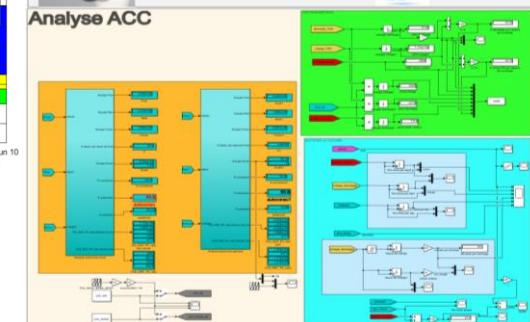
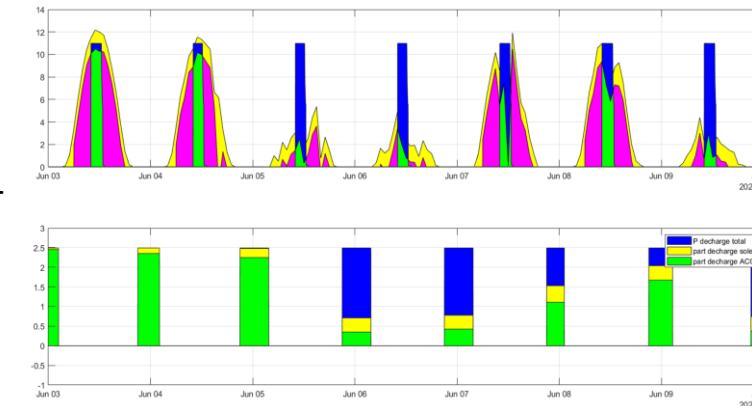
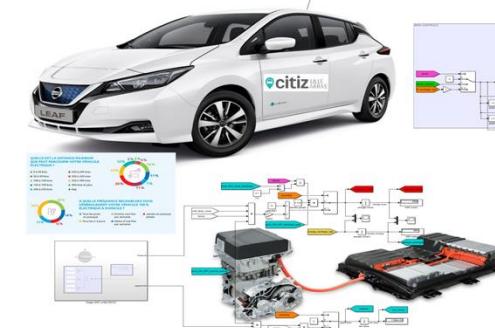
- AC , AP , Cout et CO2 ( de chaque bloc )
- Calcul journalier de la part du photovoltaïque dans la batterie:
  - pour injection et le roulage et autopartage
  - Permet d'Affiner le calcul des pris et CO2 du scénario

## NB : intégration

- Des pertes de conversion: AC/DC et DC/AC
- Possibilité d'intégration de la tarification dynamique EPEX/SPOT
- Du comportement Usagers : différents profils / service d'Autopartage
- Des Impacts de la température extérieure et des saisons
  - Température optimale de fonctionnement de la batterie
  - sur la consommation des accessoires: chauffage , clim, aux , conditionnement batterie

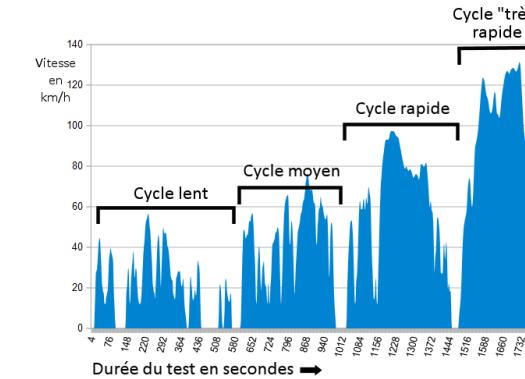


VOITURE, Batterie, BMS et contrôle



# WLTP, forces, puissance, conso

WLTP représente la procédure d'essai mondiale harmonisée pour les véhicules légers (en anglais Worldwide harmonized Light vehicles Test Procedures)



Force de traînée aérodynamique

Avec :  $\rho = 1,225 \text{ kg/m}^3$ , la densité d'air

EV CONSO

EV data	AERO
Frontal area of the vehicle m <sup>2</sup>	2.0
Aerodynamic drag coefficient Cd	0.2
<input checked="" type="checkbox"/> Or Cx	
aerodynamic coefficient Cx	0.0
Force rolling resistance	1.0

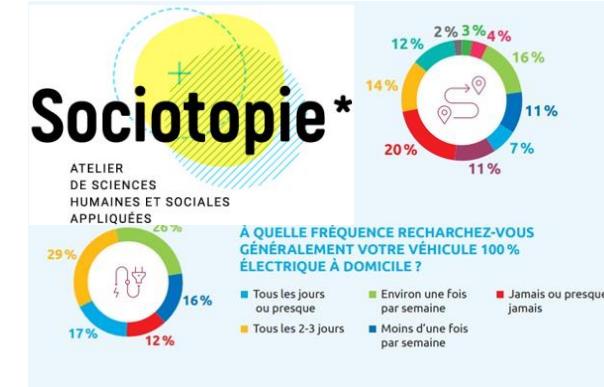
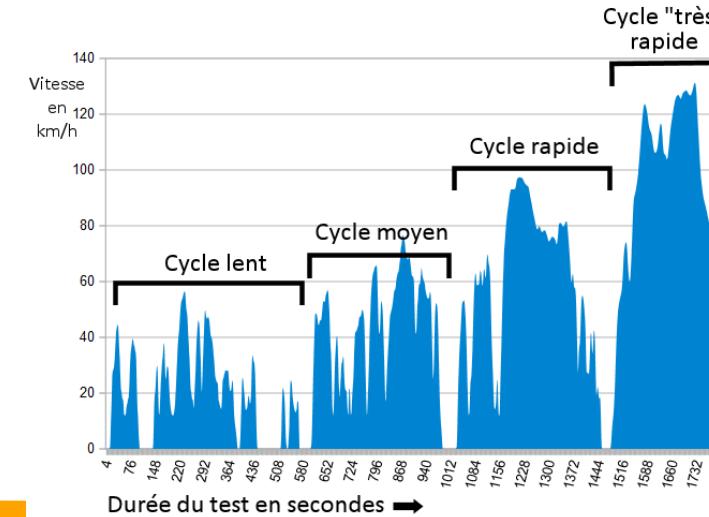
EV CONSO

EV data	AERO
Battery Capacity kWh	0.0
Conso. aux kWh	0.0
Weight Empty kg	1.0



# Roulage/ Charge / Décharge / Injection : Management de flux de puissances VE / V2G

WLTP représente la procédure d'essai mondiale harmonisée pour les véhicules légers (en anglais Worldwide harmonized Light vehicles Test Procedures)



Données :Etude Socio- technique



# Simulations possibles

## Energétique et à la microseconde

### Énergétique:

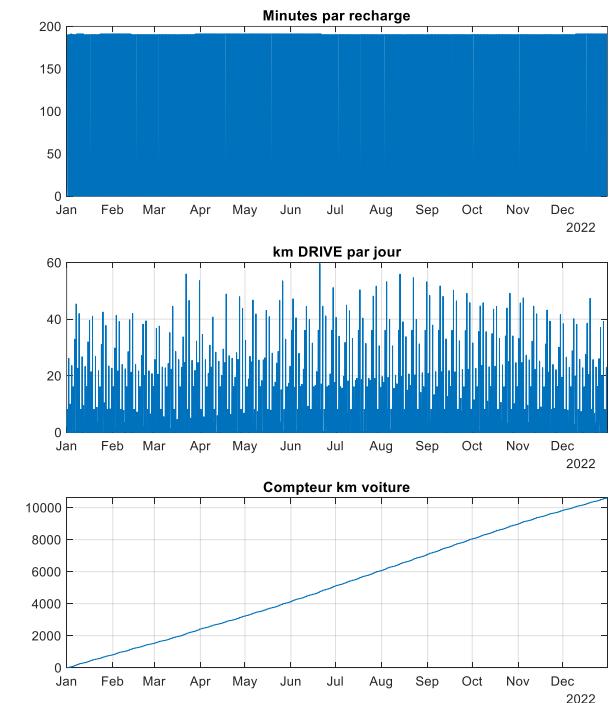
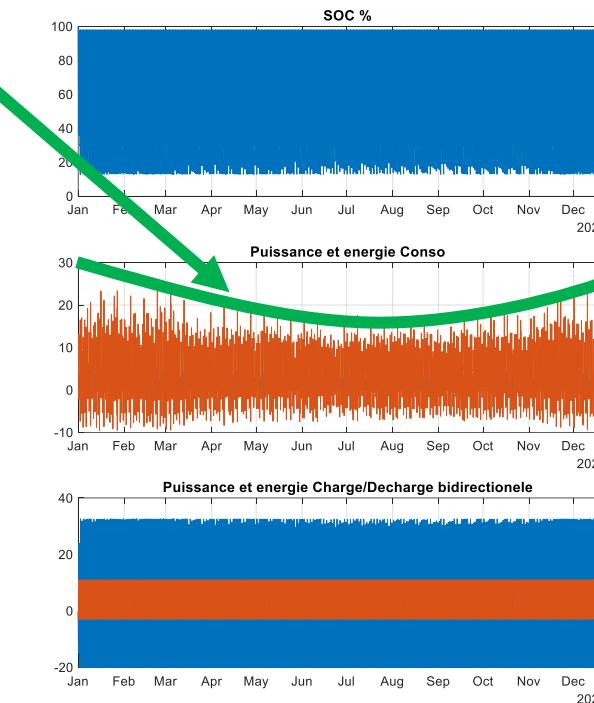
- Impacts de la température sur les consos (Eté/ Hiver): chauffage , clim, aux , conditionnement batterie
- ROULAGE sur différents parcours : WLTP
- ROULAGE REEL : modélisation roulage, estimation SOC , Nbr Cycle, Autonomie en km,
- Intégration profil des usager : service d'Autopartage , conso apparts, espaces communs

### V2G Impact sur la pointe électrique appelée : V2G / EDF

- Estimer en 2030 la pointe Elect : 2VE + 50 appt ( Jumeau)
- Dimensionnement PV : optimal / démonstrateur ACC en 2030 : évolution ACC & AP =  $f(kWc)$

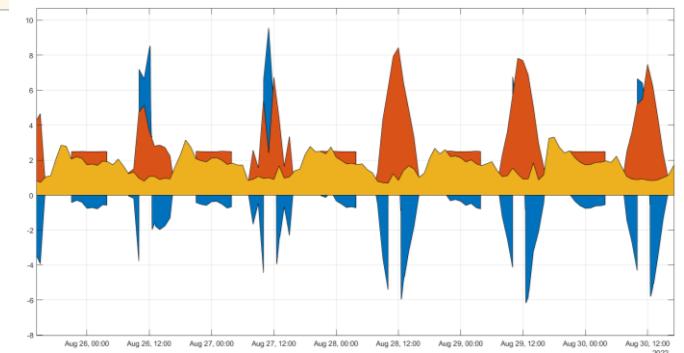
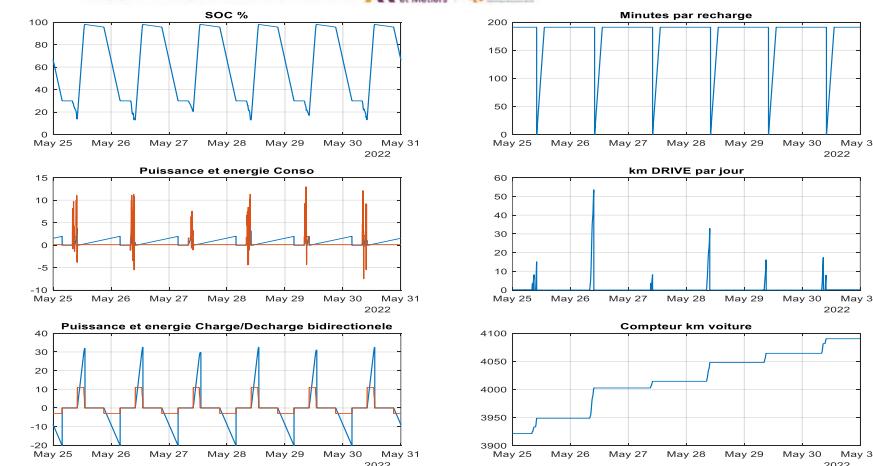
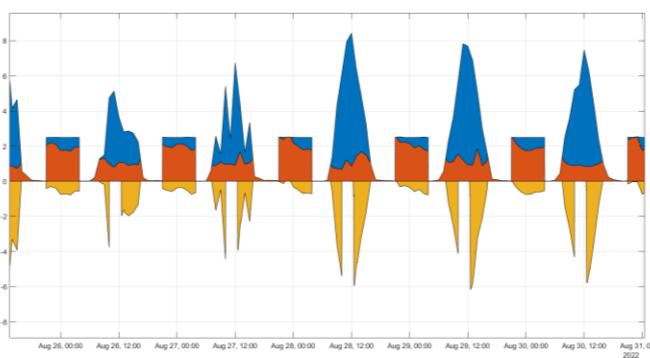
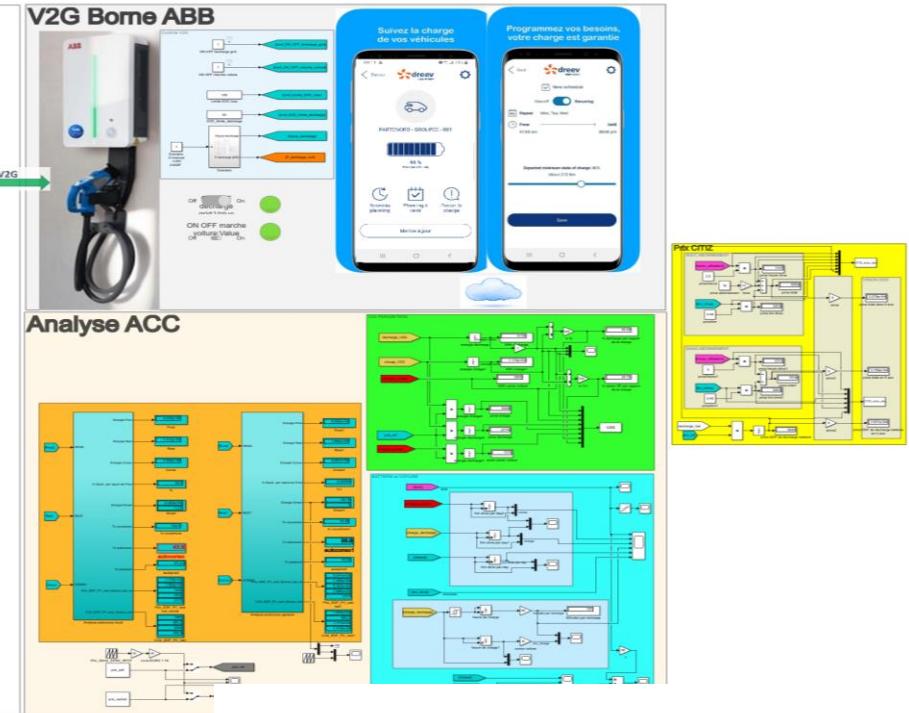
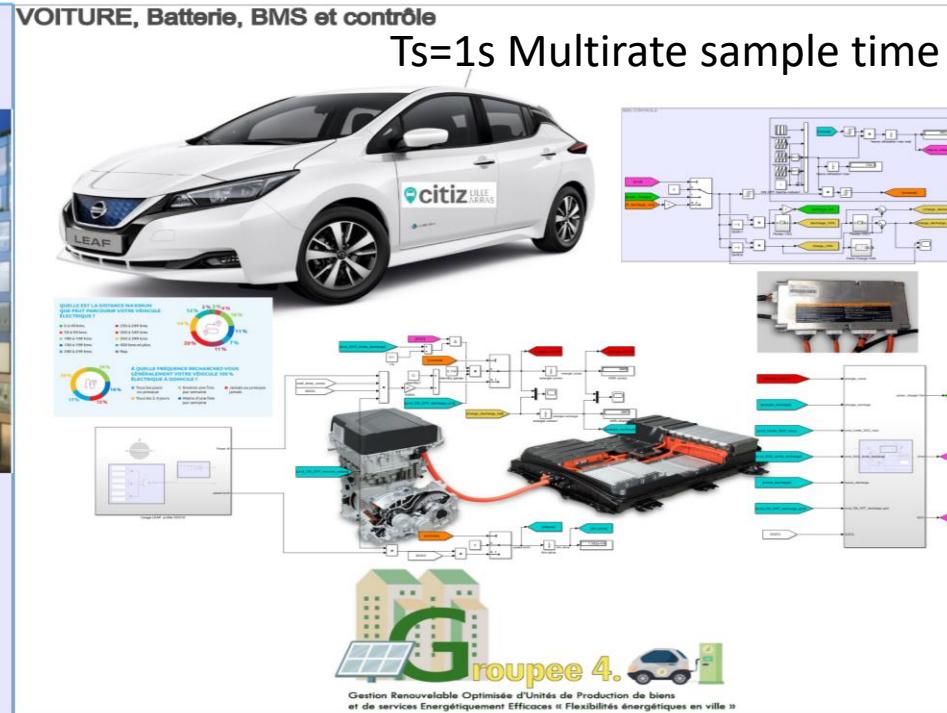
### Dynamique /V2G :

- modèle détaillé, impacts réseau
- Puissance soutirée ou injectée :
- Simulation Convertisseur ABB : (Hz, P, Q, S , V, ...)
- Simulation batterie VE : SOC, I, U, pertes, T°C (modèle fréquentiel)
- Proposition de service réseau ( AC)



# Interface Homme Machine : Jumeau Numérique du démonstrateur

GROUPEE 4.0 2022 S6



## SCENARIO 6++

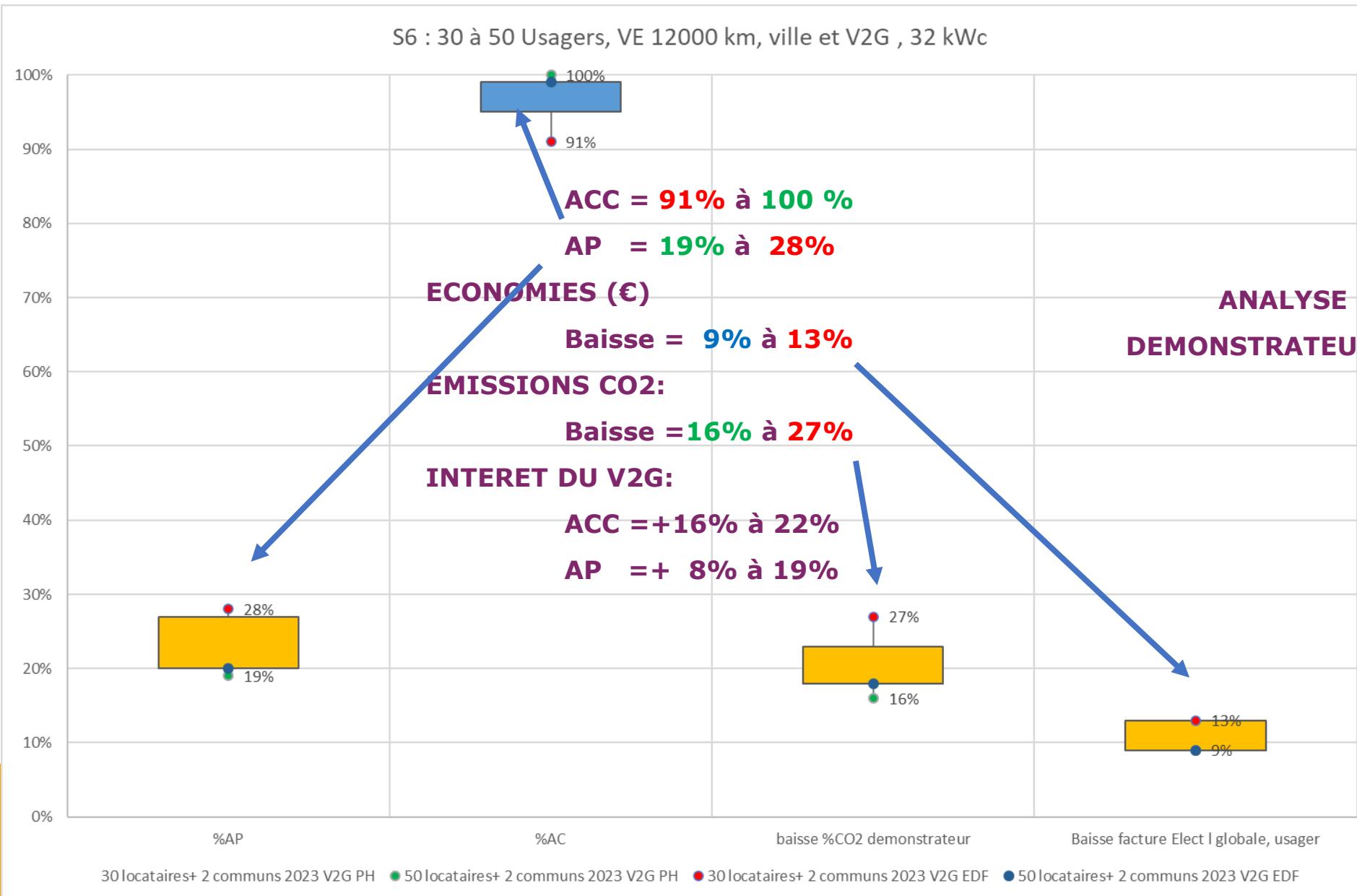
### 'Consensus des partenaires'

- **Production photovoltaïque :**
  - 32 kWc ( utiliser d'autres toiture de l'ilot St SO et/ou changer de technologie)
- **Consommations :**
  - 2 parties communes
  - ACC pour 30 ou 50 appartements
- **V2G : conso/produc**
  - soit inj. EDF : 10 kW à la pointe de 18h à 20h
  - soit inj. PH : 3 kW à 21h pendant la nuit
  - Limite du SOC : à 30% arrêt de l'injection
- **LEAF 38 kWh (service CITIZ) :**
  - 5/7j circulation environ 12000 km/an
  - Parcours en ville

-> **Modèle reproductible et réaliste**

# TENDANCE GLOBALE SUR 1 ANNEE

## PH (Utilisation Ville/60 à 100% locataires)



# RESULTATS DU SCENARIO 6

## Impact prix / projection en 2030

**COUTS 2030 : Achat kWh en soutirage 2X2023 =0,44 € /kWh**

**Scénario : P crête 'Optimale' 32 kWc , ACC 30 appartements (50app), service de V2G avec LEAF CITIZ**

**Impact sur facture 'Globale' Electricité du démonstrateur 2030/2023:**

**REDUCTION COMPLEMENTAIRE FACTURE DE 4% à 6%**

**2023 -> 2030 FACTURE ANNUELLE: réduction 9% à 13% -  
>12% à 18%**

# PERSPECTIVES

## Jumeau Numérique : couteau suisse de projets Smart City

**Actuellement :**

- **Projet MEL B2C = Bus électrique / station Charge / ENR**

**Montage phase 2 de GROUPEE sur un Quartier : Logement Social**

- Massifier l'expérimentation
- R&D : PV Bifacial , V2G CCS, stockage , focus pertes du système
- Impact sur le réseau distribution local:
- Tester d'autres Stratégies de Gestion V2X : Flotte VE

# *MERCI DE VOTRE ECOUTE*

## *ECHANGES*



**Daniel MARIN:** [daniel.marin@ensam.eu](mailto:daniel.marin@ensam.eu)

**Thomas ROILLET:** [thomas.roillet@ensam.eu](mailto:thomas.roillet@ensam.eu)



—  
Equipe réseau  
Smart City  
Mobilité électrique



# Partie 2 – Nouveaux services de recharge pilotés : vers une gestion optimisée des flux de puissance entre réseau et véhicule

**D. Grimopont**, Directeur industriel, DBT

[dgrimopont@dbt.fr](mailto:dgrimopont@dbt.fr)

**N. Devaux**, Responsable Mobilité électrique/RSE, ENEDIS Nord Pas-de-Calais

[nicolas.devaux@enedis.fr](mailto:nicolas.devaux@enedis.fr)

**M. Sechilariu**, Directrice du laboratoire Avenues, UTC

[manuela.sechilariu@utc.fr](mailto:manuela.sechilariu@utc.fr)

**T. Roillet**, Ingénieur d'études, L2EP

[Thomas.ROILLET@ensam.eu](mailto:Thomas.ROILLET@ensam.eu)

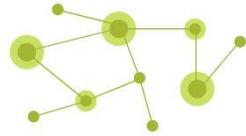
# Partie 3 – La transdisciplinarité de la recherche en génie électrique

# Stéphane CLENET

## Professeur des universités aux Arts & Métiers

[Stephane.CLENET@ensam.eu](mailto:Stephane.CLENET@ensam.eu)

[energieelectrique40.fr](http://energieelectrique40.fr)

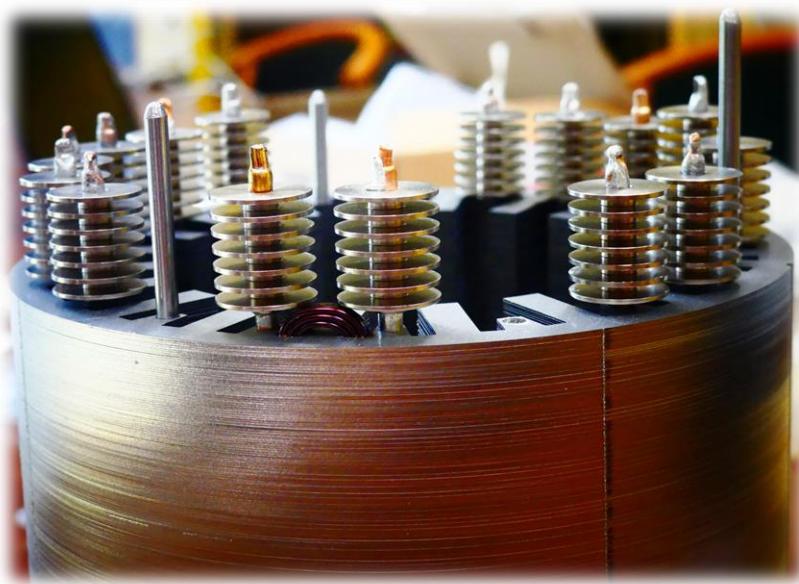


# Contrat de Plan État-Région 2021-2027 Énergie Électrique 4.0

MEDEE Focus  
le 10 octobre 2023



# EE4.0 : le contexte



Intégration de caloducs de refroidissement au cœur de la machine

CPER 2013 – 2020

Coordinatrice : Betty Semail, PR Polytech Lille

Objectif : Pouvoir à terme disposer de « machines intelligentes » qui intègrent la conversion énergie électromécanique, électro-électrique ainsi que leur contrôle, tout en respectant des contraintes de taille, d'émissions, de fiabilités fonctionnelle et structurelle et d'éco-efficacité



# EE4.0 : le contexte

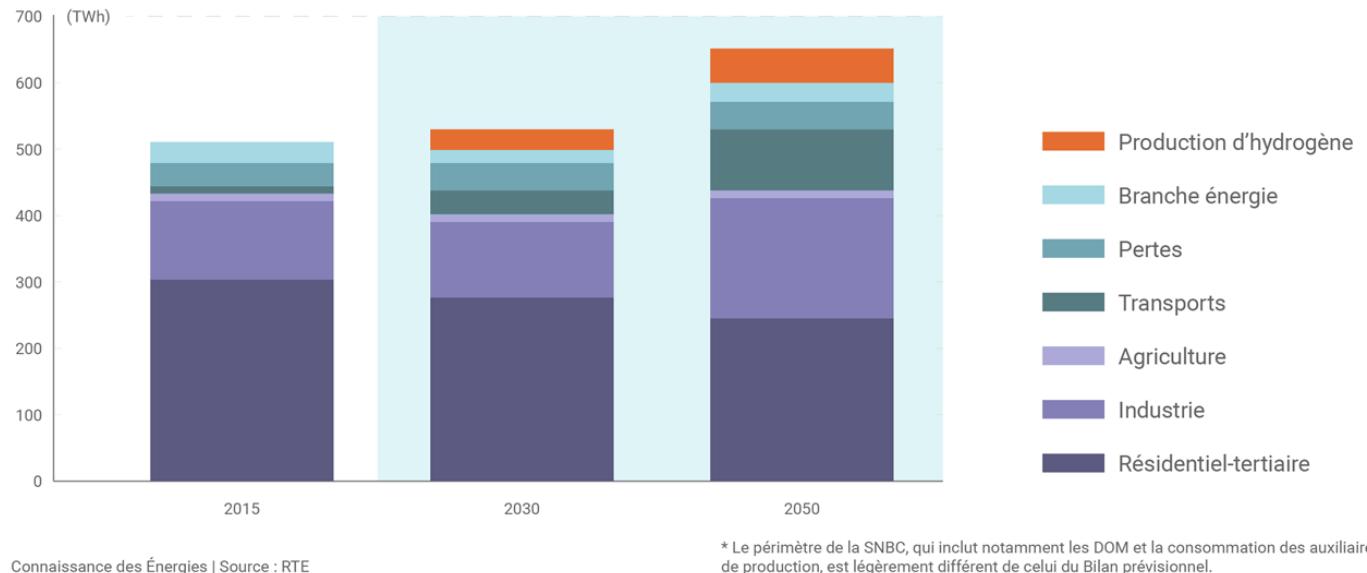
## 💡 Electrification croissante de l'énergie :

- des transports
- des process industriels
- de la production d'énergie

## 💡 Nécessité d'accroître et d'optimiser :

- l'efficacité des systèmes de conversion
- la gestion des systèmes multi sources / multi charges
- la recyclabilité des composants
- la fiabilité
- Etc.

**France** Évolution de la consommation brute d'électricité dans le scénario AMS de la SNBC\*

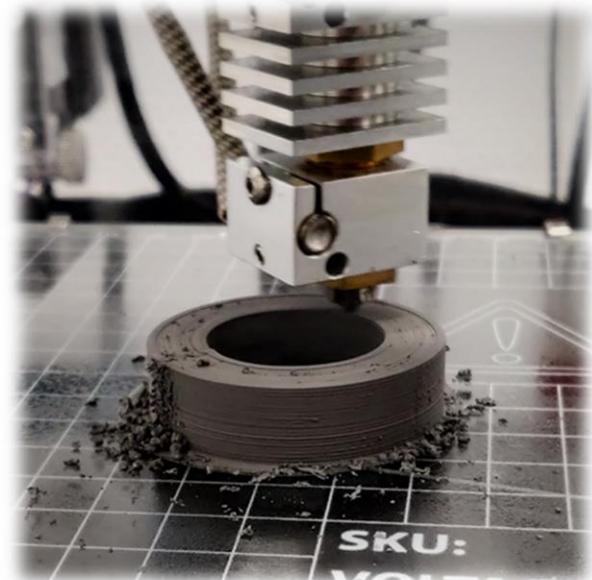


# EE4.0 : le contexte

## 💡 Emergence de nouvelles technologies :

- Nouveaux matériaux (SiC, GaN,...)
- Nouveaux procédés (Impression 3D...)

→ Nouvelles possibilités (intégration, géométrie...) mais aussi de nouvelles contraintes pour les convertisseurs d'énergie



Impression de granulés pour les matériaux magnétiques

## 💡 Communication et Information :

- Accès facilité à la donnée (capteur, réseau...)
- Outils de traitement de données (IA, Blockchain...)

→ Amélioration de la performance (énergétique, maintenance, recyclage..) par des jumeaux numériques, outils de prédiction.....

→ Nouveaux usages

Ouverture vers les SHS nécessaire pour une meilleure appropriation et un modèle économique viable



Nouveaux usages des véhicules

# EE4.0 : le projet

## OBJECTIFS DU PROJET

Favoriser une recherche d'excellence en Génie Électrique :

- ✓ perméable aux avancées dans le domaine des nouvelles technologies
- ✓ se souciant des usages,
- ✓ tout en accélérant le transfert vers le tissu socioéconomique régional.

# EE4.0 : fonctionnement

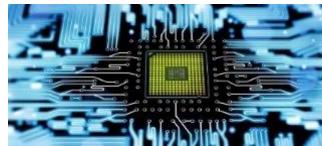
Basé sur des appels à projets, dans lesquels deux types de projet sont privilégiés :

A - **Ouverture vers les nouvelles technologies ou SHS** : projet associant un laboratoire de Génie Électrique avec au moins un laboratoire des nouvelles technologies ou SHS.

B - **Recherche partenariale et accélération du transfert** : projet associant un (ou plusieurs) laboratoire(s) avec un industriel dans le domaine du Génie Électrique.

# EE4.0 : structuration

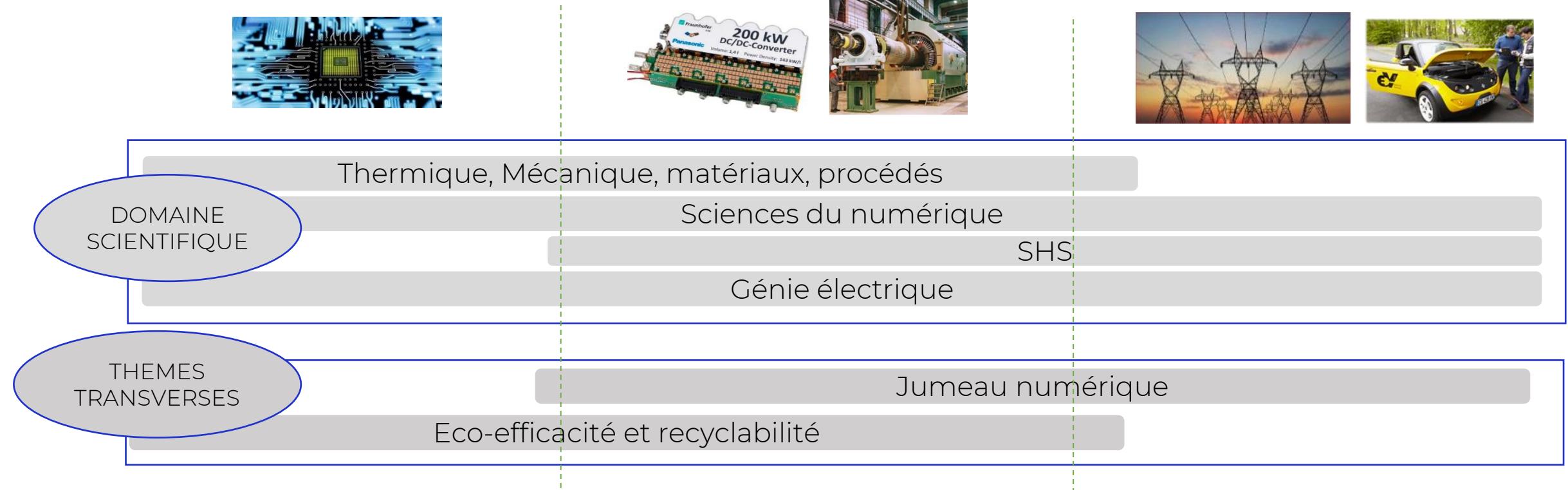
Axe 1: Matériaux et composants du génie électrique



Axe 2: Convertisseurs d'énergies intelligents



Axe 3: intégration système, gestion de l'énergie et stockage



Forte synergie avec le pôle régional

Budget total :

Région : 4,29 M€

État : 1,10 M €

Fonds européens : FEDER

Fonds Propres : Entre 20% et 40% selon le type de projet (A ou B)



## EE4.0

### Appel à Projet 2023

#### Descriptif du projet

Date limite de réponse : 23 novembre 2023

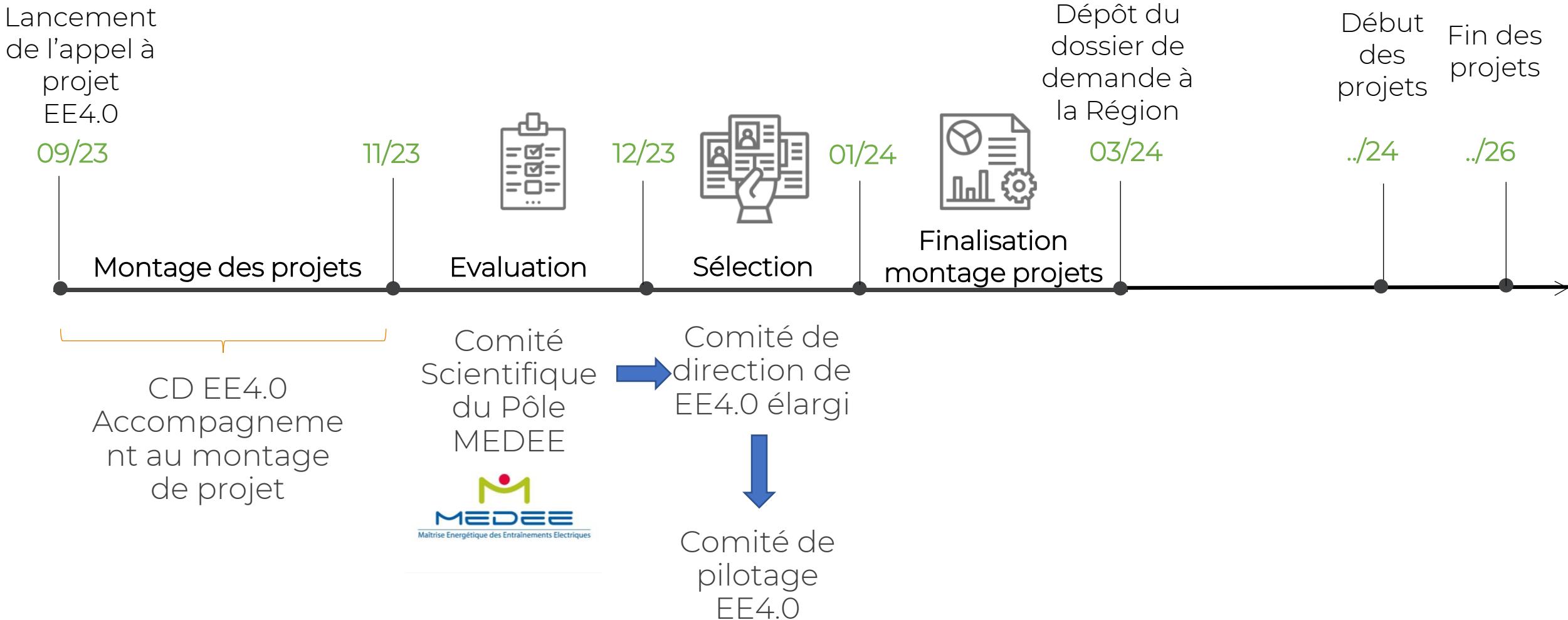


Financement de projets de recherche 2024 à 2026

Date limite dépôt de dossier : 23/11/2023

Retrait et dépôt de dossier à : [amandine.lepoutre@univ-lille.fr](mailto:amandine.lepoutre@univ-lille.fr)

# Appel à projet 2023



# EE4.0 : contacts

**Stéphane DUCHESNE**  
**Vincent LANFRANCHI**  
**Xavier GUILLAUD**

Responsable de l'axe 1  
Responsable de l'axe 2  
Responsable de l'axe 3

[stephane.duchesne@univ-artois.fr](mailto:stephane.duchesne@univ-artois.fr)  
[vincent.lanfranchi@utc.fr](mailto:vincent.lanfranchi@utc.fr)  
[xavier.guillaud@centralelille.fr](mailto:xavier.guillaud@centralelille.fr)

**Stéphane CLENET**  
**Amandine LEPOUTRE**

Coordinateur du projet EE4.0  
Chargée de mission EE4.0

[stephane.clenet@ensam.eu](mailto:stephane.clenet@ensam.eu)  
[amandine.lepoutre@univ-lille.fr](mailto:amandine.lepoutre@univ-lille.fr)

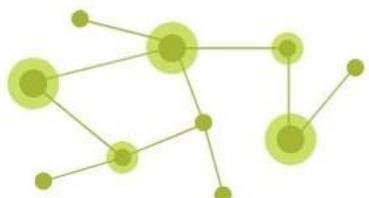
**Laura BURGAUD**

Directrice par intérim du pôle MEDEE

[lburgaud@pole-medee.com](mailto:lburgaud@pole-medee.com)

# Merci !

Stéphane CLENET, Professeur des  
Universités aux Arts & Métiers  
[stephane.clenet@ensam.eu](mailto:stephane.clenet@ensam.eu)



# Merci !

**Sébastien Drouart**

**Responsable de projets R&D et  
Innovation au pôle MEDEE**

[sdrouart@pole-medee.com](mailto:sdrouart@pole-medee.com)

**Laura Burgaud**

**Responsable projets  
*Direction intérimaire***

[lburgaud@pole-medee.com](mailto:lburgaud@pole-medee.com)

[pole-medee.com](http://pole-medee.com)

