



Faire énergie territoire

7 février 2020

Ecole des Mines – Paris

Introduction

Nicolas Retiere et Gilles Debizet

Université Grenoble Alpes



Enjeux Faire énergie et territoire

De nouvelles attentes :

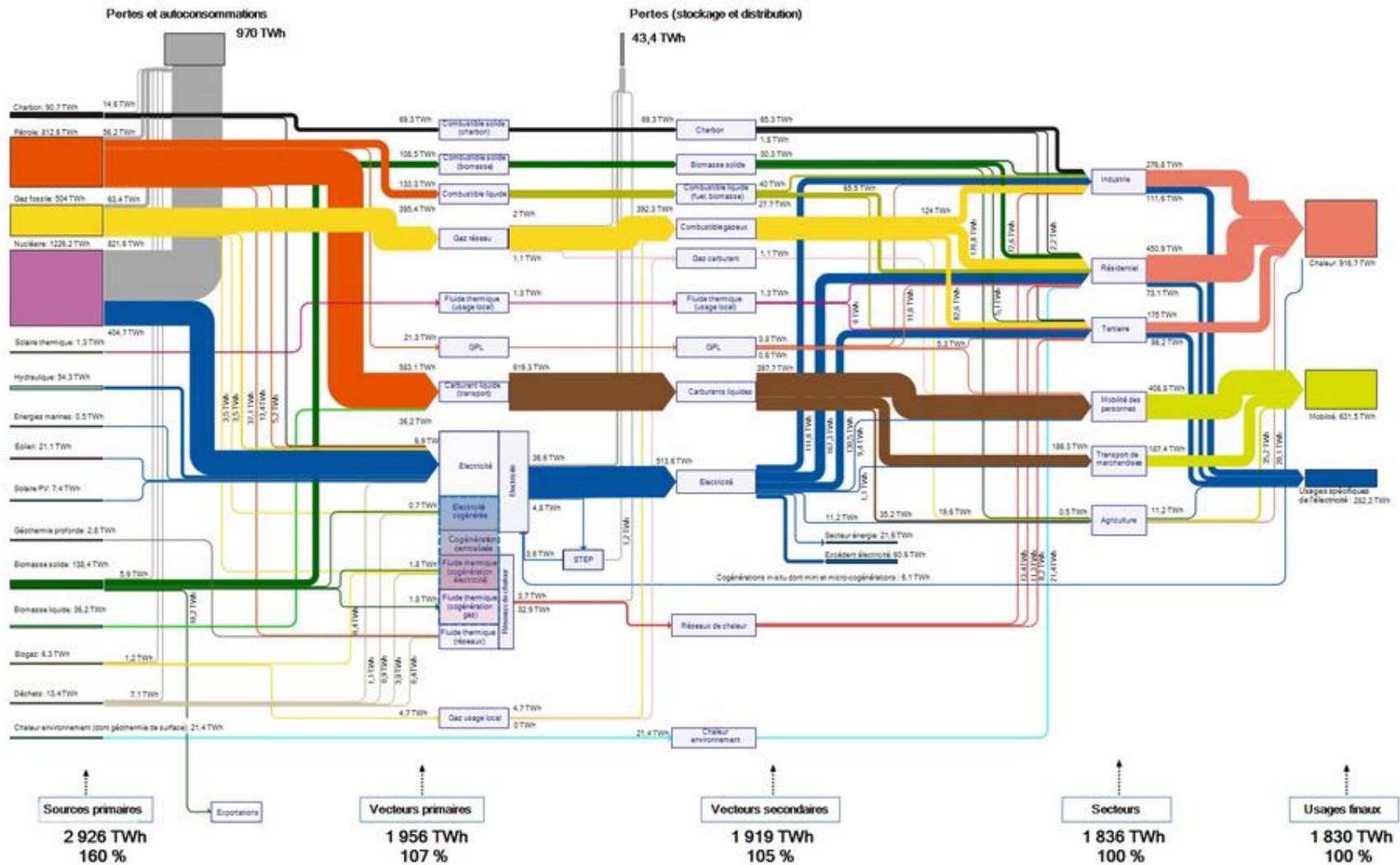
- sur les systèmes énergétiques reliant ressources aux usages
- sur la place de l'énergie dans la société

Définitions

- Territoire : ensemble d'acteurs partageant un projet, situés ou agissant dans un espace commun (Pecqueur)
- Energie : grandeur physique, souvent marchande extraite de lieux de ressources, transformée et/ou déplacée vers des lieux d'usage (et de rejet) :
 - variété et combinaison de vecteurs énergétiques (forme d'énergie déplaçable)
 - indissociable des activités humaines
 - multiplicité d'échelles
- Transition énergétique :
 - Changement de régime(s) sociotechniques(s) (Geels 2004)
 - Orientations : Décarbonation via Efficacité, Sobriété, Renouvelable



Sobriété, efficacité, renouvelable / où ?





Enjeux Energie, Territoire et Faire

- Changement de paradigme :
 - Energie fossile : carbonée, stockable et exogène (en France)
 - Energie renouvelable : bas carbonée, intermittente et ... endogène ?
- Défi : intégrer les énergies renouvelables dans/avec les systèmes socio-énergétiques
 - Circularités énergétiques : ressources/vecteurs/usages/....rejet/récupération
 - Multi-énergie : interconnexion (cf. Ademe)
 - Multi-acteurs : (CDP eco-sesa)
 - Projet urbain/énergie → Réseaux et territoires,
 - Capacité du réseau électrique à intégrer les ENR (Fractal)
- Des configurations variées
 - Peu dense (rural) : productiviste / Dense (urbain) : consommateur
 - Ville et villages : gestion car production/consommation/stockage
 - Relation rural/urbain via des réseaux
 - Des réseaux bousculés : flux, tarif, franges, échelles
- Quels outils d'aide à la décision ?
 - Cerner les gouvernances et comprendre les objectifs, les contraintes et les dynamiques
 - Modéliser en prenant en compte les interactions physiques et sociales
 - Concevoir des assemblages socio-énergétiques

→ Travaux Fractal grid et Eco-sesa

Prédiction et modélisation des infrastructures, synergie multi-énergie

Articulation production, consommation et stockage

Articulation réseaux et territoires, projet urbain/énergie



Le projet Fractal Grid

Carte d'identité du projet

 Projet de recherche collaboratif 4 ans

La fractalité et les approches multiéchelles pour comprendre, planifier et gérer les futurs smart grids



G2Elab (Grenoble Electrical Engineering Lab, Univ. Grenoble Alpes – CNRS)

Systemes et Réseaux électriques



ARMINES (Association dédiée à la recherche, MINES ParisTech)

Procédés, Energies Renouvelables et Systèmes Energétiques



LMI (Laboratoire de Mathématiques de l'INSA de Rouen)

Mathématiques appliquées



ThéMA (Théoriser et Modéliser pour Aménager, Univ. Franche Comté et de Bourgogne - CNRS)

Mobilités, Ville et Transports

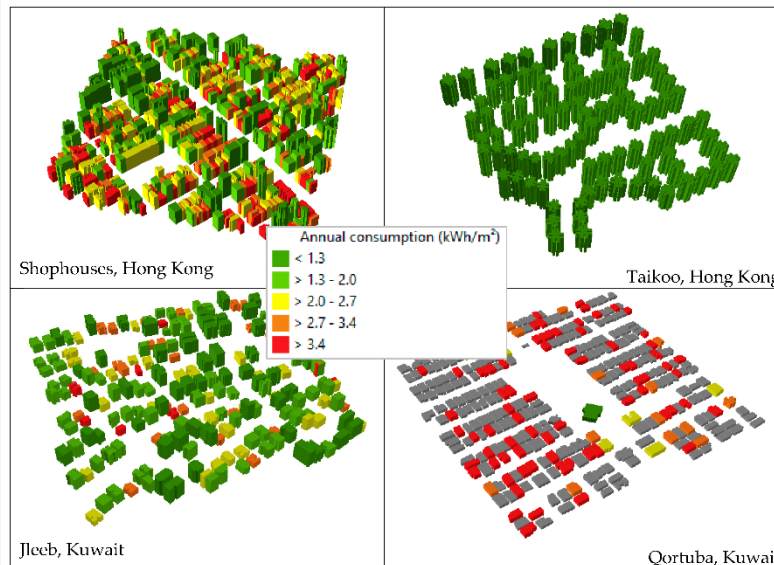
D.-T. Ha (PhD | G2Elab-LMI | 2018)

Y. Sidqi (PhD | G2Elab – ThéMA | 2019)

M. Iraqi (Postdoc | Thema | 2019)

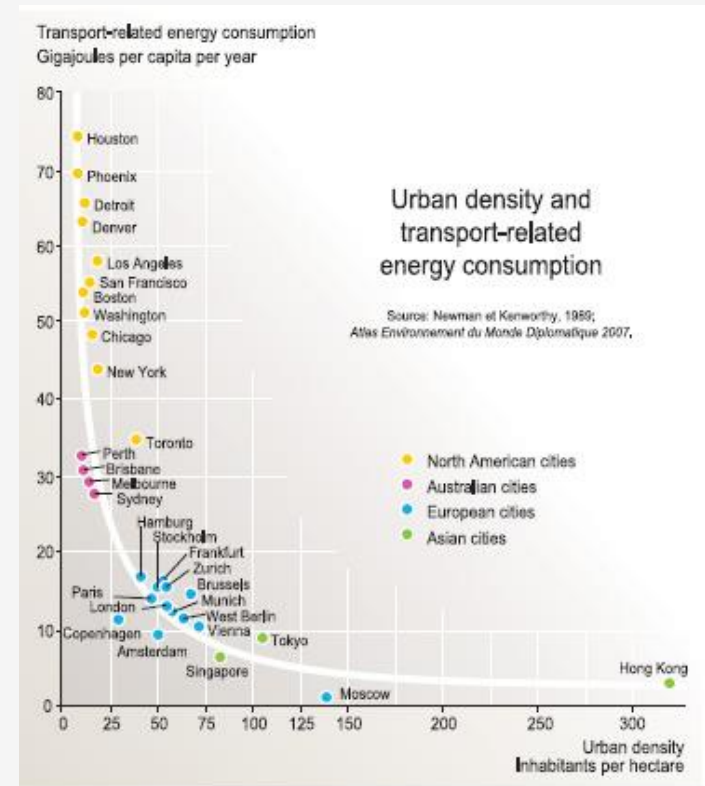
Motivations

- Les villes consomment 75 % de l'énergie totale primaire
- Emettent 50/60 % des GES
- Des liens avec la forme urbaine et les modes de transport



+ d'ascenseurs = + d'énergie

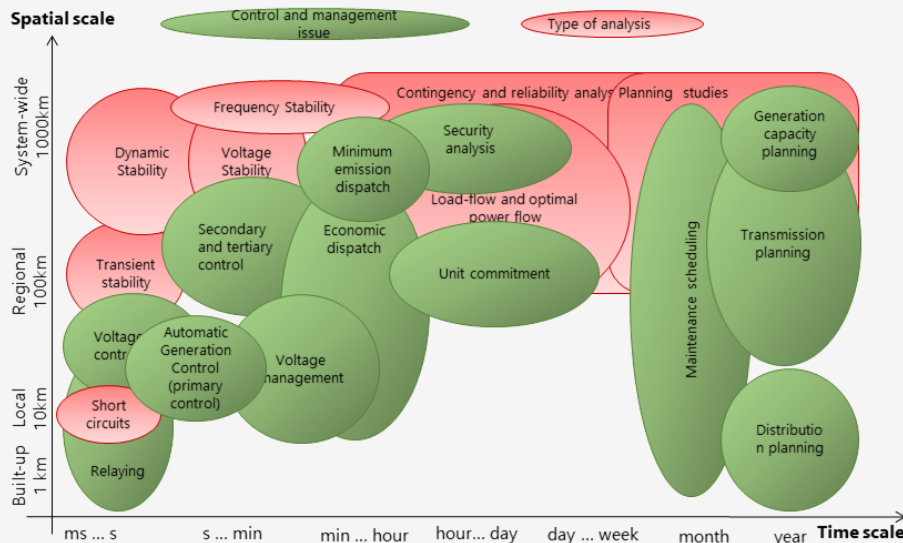
S. M. Murshed et al., Impact of Urban Morphology on Energy Consumption of Vertical Mobility in Asian Cities - A Comparative Analysis with 3D City Models, Urban Sci. 2019, vol. 3, no. 4.



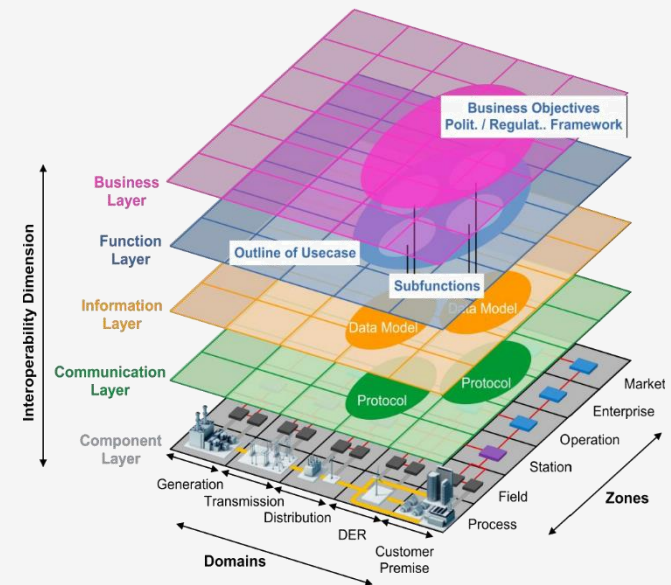
Ville étalée = + d'énergie

Motivations

- Complexité des systèmes électriques :
 - Complexité des arrangements géométriques
 - Complexité des interactions
 - Hétérogénéité des composants du réseau
 - Interactions à différentes échelles



Multiples échelles spatiales et temporelles



Modèle « SGAM » du système électrique

Motivations

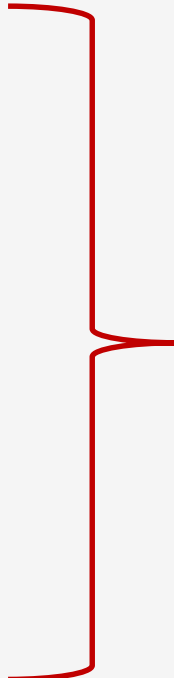
- **Faciliter la planification, la gestion, la prédiction** du système électrique
- **Répondre au besoin d'architectures résilientes et agiles** pour une meilleure accessibilité :
 - Structurelle : quelle facilité de raccordement ont une charge, un véhicule électrique, un moyen de stockage, une source d'énergie renouvelable ?
 - Fonctionnelle : quelle qualité de service (efficacité / flexibilité / contrôlabilité / robustesse) est offerte ?
- **Aller vers une plus grande coordination** entre les acteurs du système électrique
- **Développer un cadre de standardisation** pour faire face à la transformation incrémentale du système électrique

Problématiques

Comment décrire le système électrique à travers les échelles ?

Quelle planification du système électrique sur un territoire ?

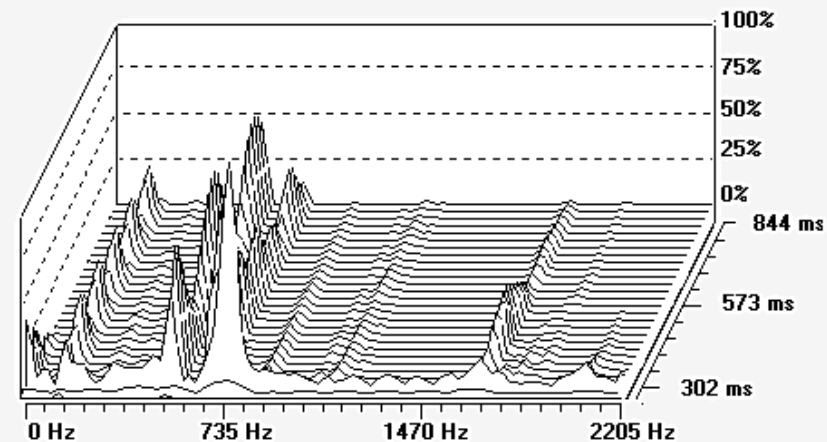
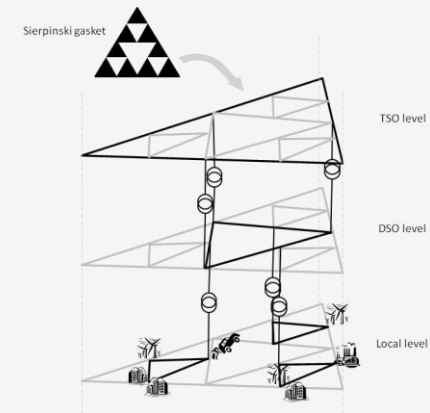
Quelle gestion multi-échelles des flexibilités du système ?



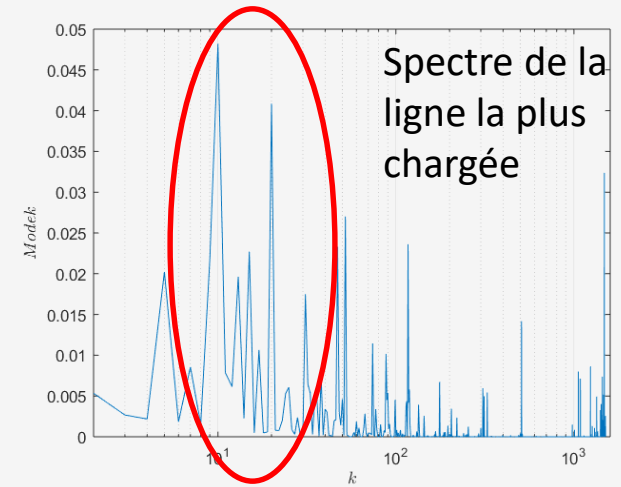
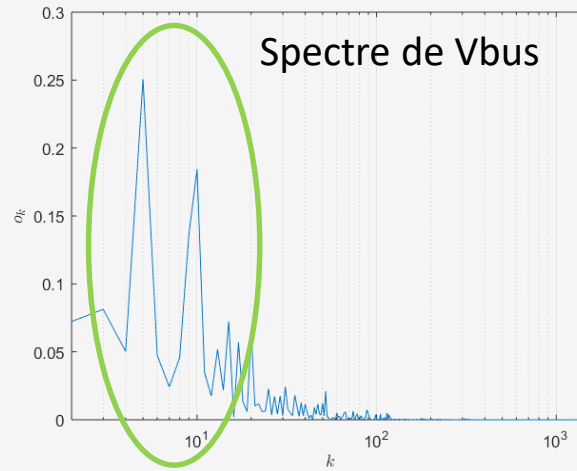
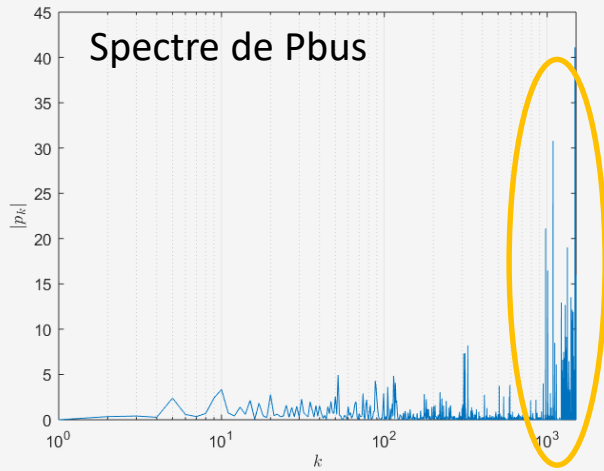
Réflexion conjointe territoire – réseaux

Quelles approches multi-échelles ?

- Etude des formes répétables des petites aux grandes échelles :
 - Utilisation de la fractalité
- Mise en évidence des modes de « longueur d'onde » différentes qui régissent le fonctionnement du réseau
 - Analyse spectrale de graphe

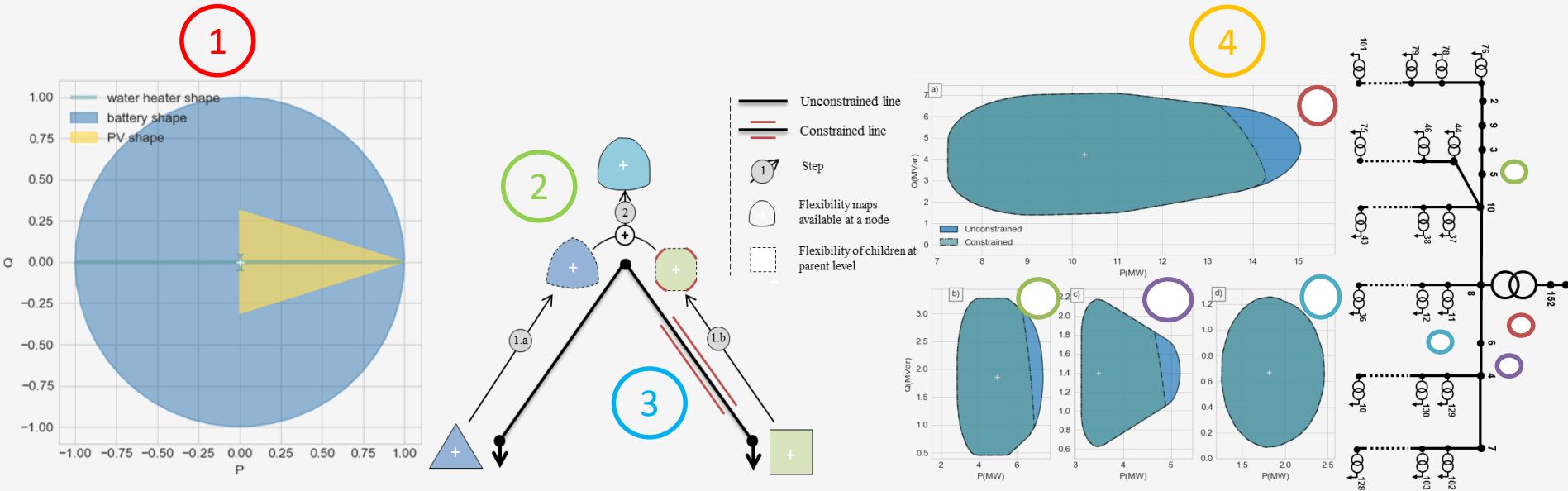


Identification des modes dominants de Grenoble



- La puissance nodale est dominée par les **modes élevés (forte localisation)**
- Les tensions sont dominées par les **modes faibles (échelle système)**
- Des **modes critiques** causent des surcharges dans les lignes
- **Quels modes sont à privilégier pour un fonctionnement sûr et agile ?**
 - Quelles échelles sont propices aux développements de flexibilités locales, système ?
 - Quels modes privilégier pour l'insertion des EnR, les charges actives ?

Estimation multi-échelles des flexibilités



- 1) Définition du profil de flexibilité de chaque type de charge flexible: **batterie, PV, chauffe eau sanitaire**
- 2) Les profils de flexibilité sont calculées 'bottom up', en utilisant la **somme de Minkowsky**
- 3) les **contraintes** techniques du réseau et les **pertes** sont prises en compte
- 4) une **carte de la flexibilité** disponible a chaque nœud est réalisée



Prix de thèse « think SMARTGRIDS »



- 1^{er} prix de thèse à Y. Sidqi pour sa contribution à la recherche sur les smart grids

Analyse et planification fractales des réseaux de distribution électrique





Le Cross-Disciplinary Program Eco-SESA Smart Energies in Districts



financé par
IDEX Université Grenoble Alpes

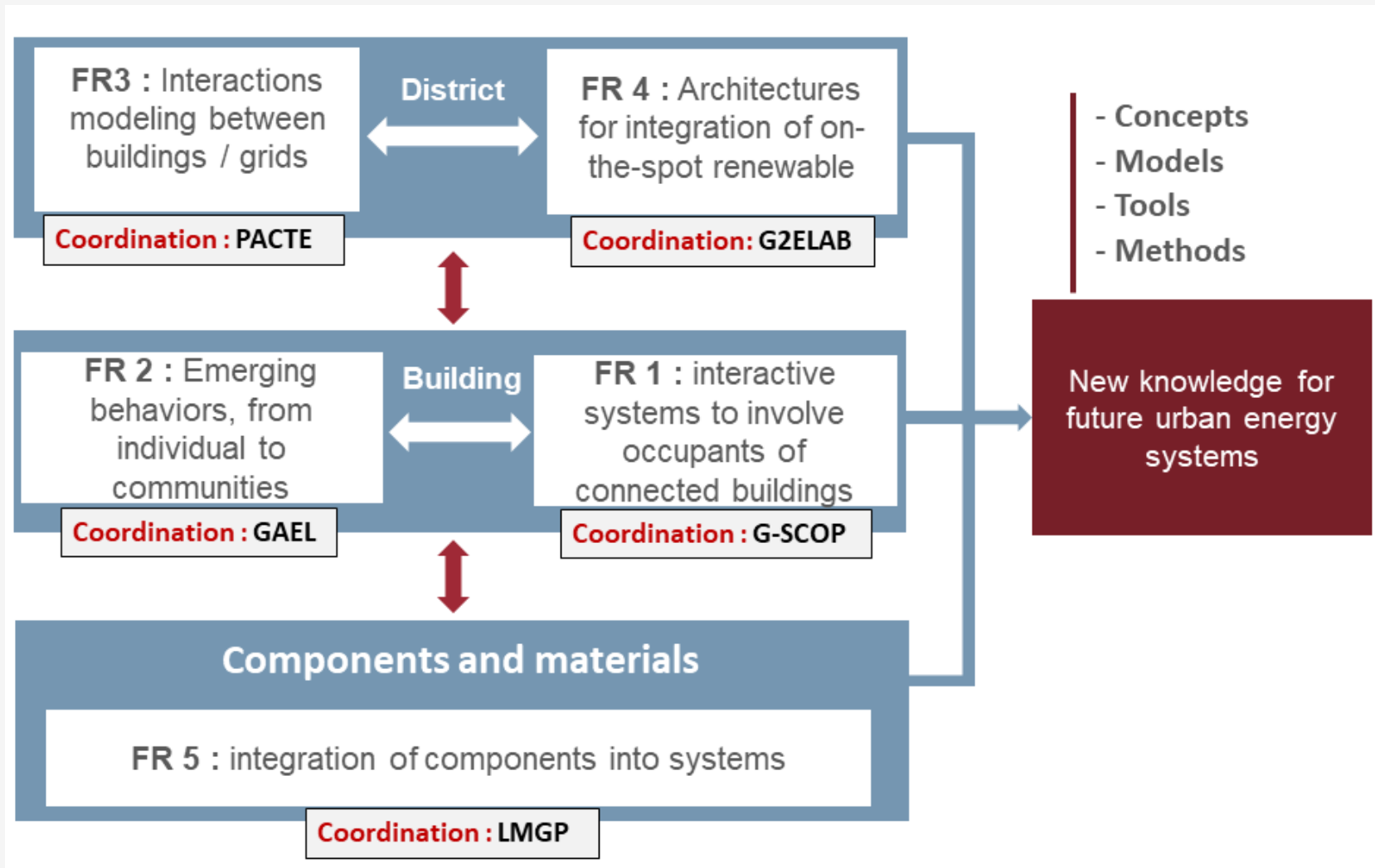


Taking up the challenge of climate change, renewable energies allow direct exchanges between buildings and communities at the neighborhood scale and question the historical functioning - centralized and unidirectional - of networks.

Eco-SESA consortium aims to rethink the planning, design, management and governance of urban energy systems.

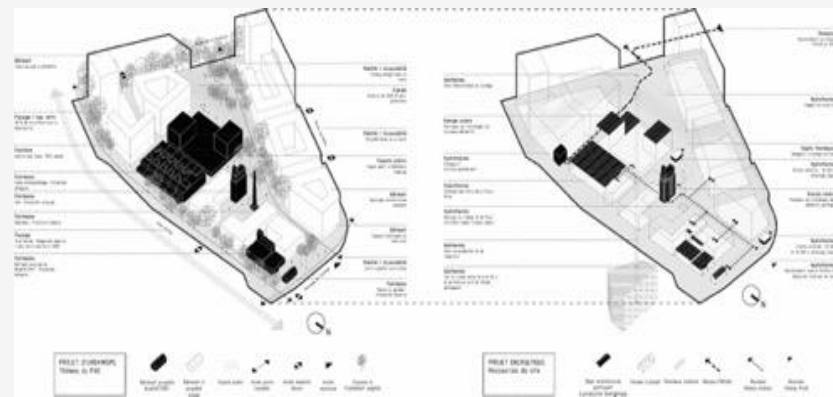


16 laboratoires, 100 chercheurs (dont 20 recrutés, 1,7M€ pendant 4 ans, 4 projets connexes : RETHINE (ADEME), OREBE et Expesigno (Région), Meaning (ANR)

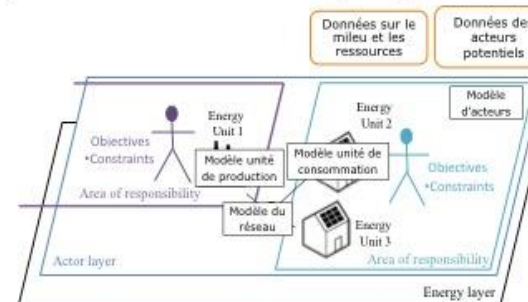


Autoconsommation collective : quelques résultats

- Tension entre intérêt collectif et préservation de la vie privée induit des règles de partage variable selon les lieux de la consommation
- Régulation nationale contraignant l'économie, la spatialité et la conception des systèmes techniques
- Passage d'un périmètre technique (maille du réseau) à un périmètre géographique (rayon kilométrique) révèle le poids d'autres valeurs (proximité, mise en commun) que l'optimisation technique du réseau



Modélisation des logiques actuelles et intégration dans outils d'aide à la décision/conception multi-acteurs





Attendus et programme



Objectifs et attentes de la journée

- Donner à voir des recherches transdisciplinaires : géographes, sociologues, électriciens, systèmes complexes
- Tracer des perspectives de recherche à partir de résultats
- Quelles compétences (connaissances et outils) nouvelles pour les acteurs de la transition énergétique dans les territoires ?
- Quelles orientations de recherche en amont de l'innovation technologique et sociale ?



Programme

9h15 – Attendus et enjeux de la journée

10h30 – Fractalité, territoires et réseaux

11h30 – Concevoir de nouveaux échanges d'énergie

12h30 – Buffet

13h30 – Méthodes et outils pour intégration énergie-territoire

15h40 – Pause

16h00 – Table ronde : quelles recherches pour la mise en œuvre et l'intensification de la transition énergétique sur les territoires ?

17h00 – Conclusion