

Modélisation et simulation d'une architecture d'entreprise

Application aux Smart Grids

Rachida Seghiri, EDF R&D, CentraleSupélec

Directeur de thèse : Frédéric Boulanger, CentraleSupélec

Co-encadrante : Claire Lecocq, Télécom SudParis

Co-encadrant : Vincent Godefroy, EDF R&D



SOMMAIRE

Introduction

État de l'art

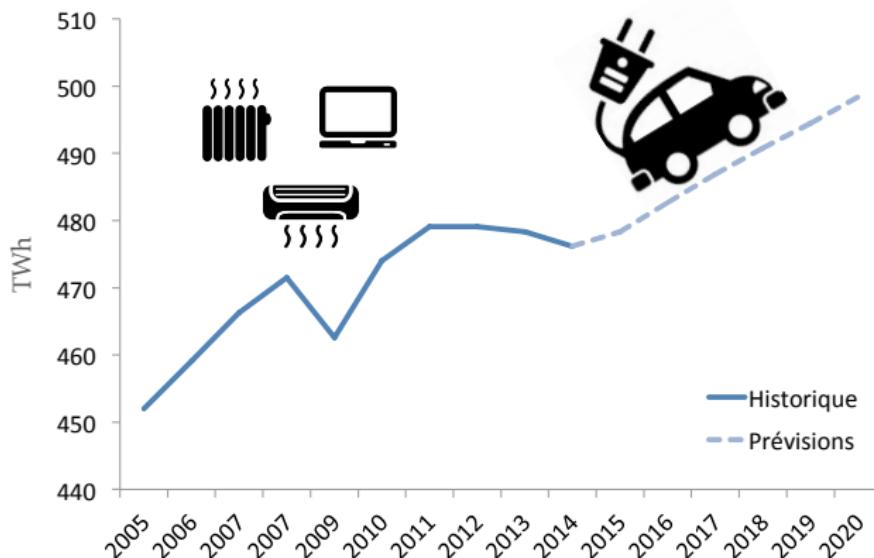
Contribution

Cas métier et mise en œuvre de l'approche

Conclusion et Perspectives

CONTEXTE INDUSTRIEL

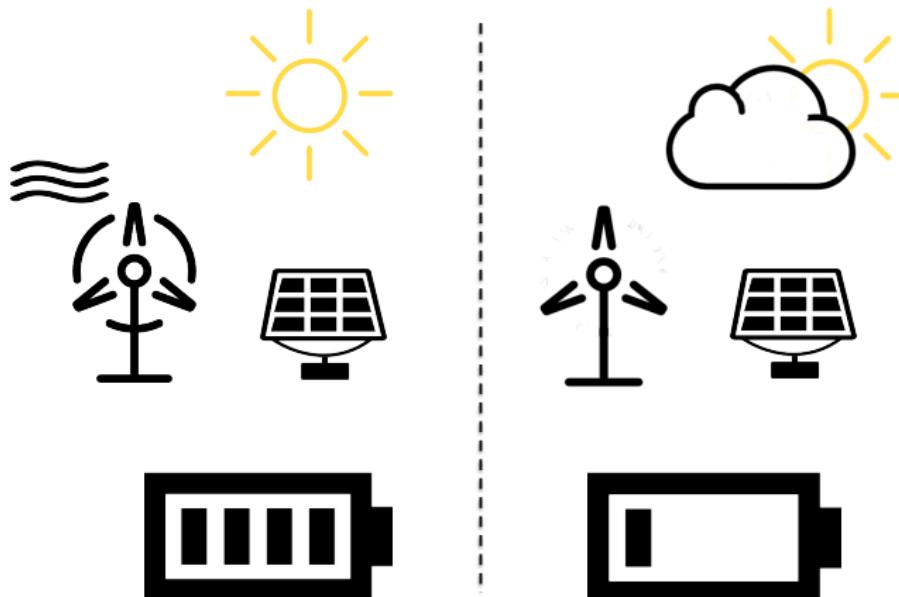
Arrivée massives des véhicules électriques



Source : prévisions de consommation RTE 2014

CONTEXTE INDUSTRIEL

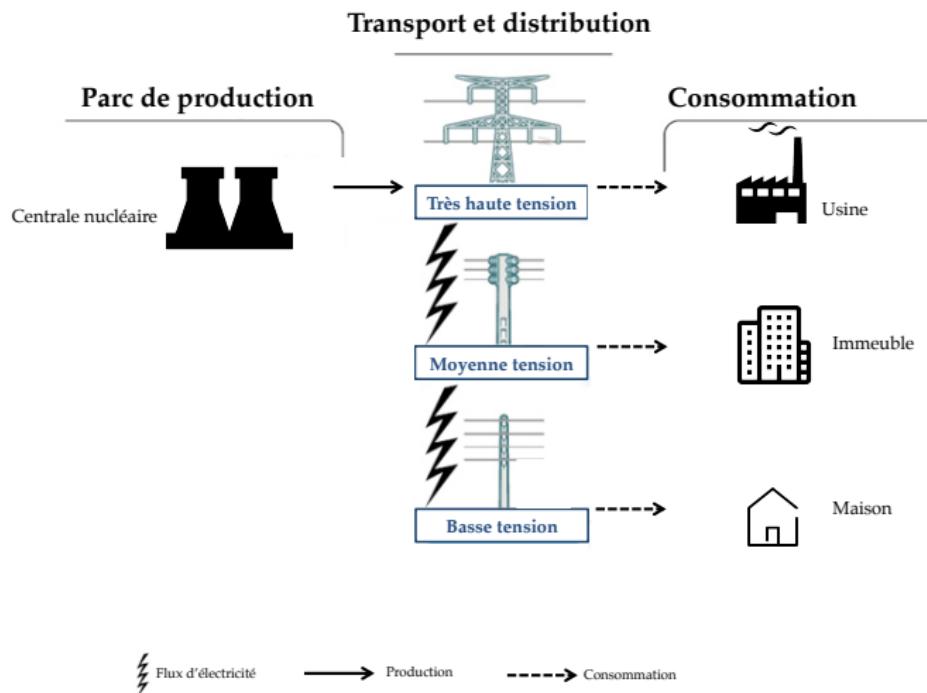
Arrivée massives des énergies intermittentes



Production d'électricité

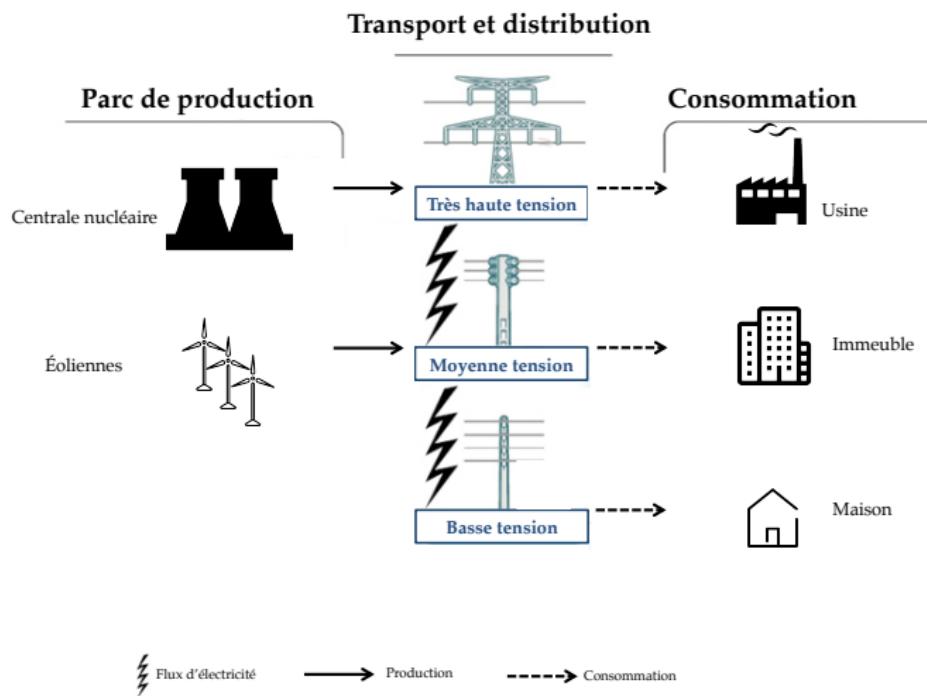
CONTEXTE INDUSTRIEL

Le réseau électrique en 1990



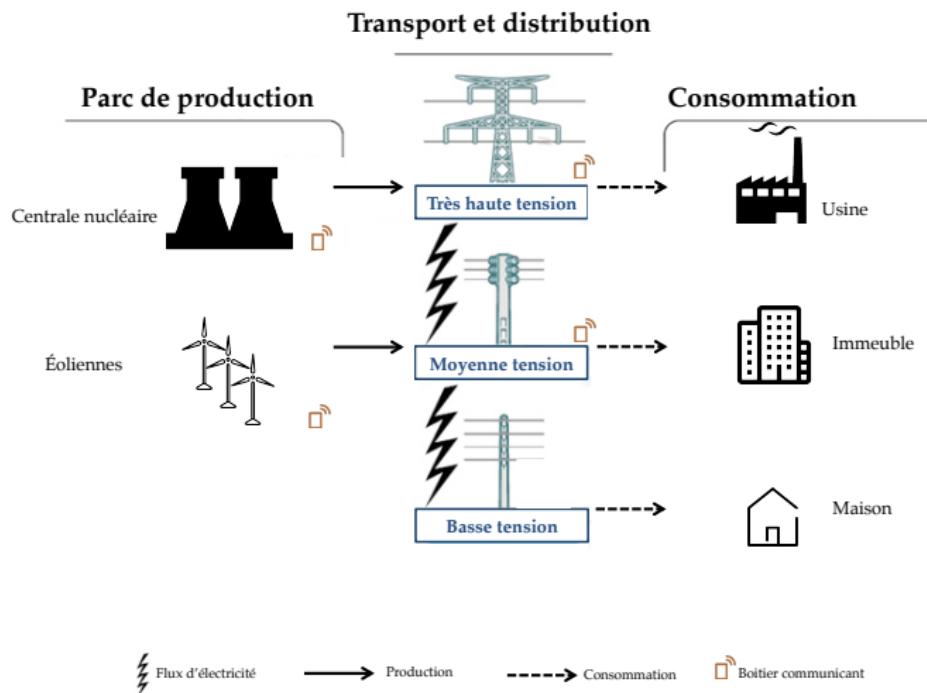
CONTEXTE INDUSTRIEL

Le réseau électrique aujourd'hui



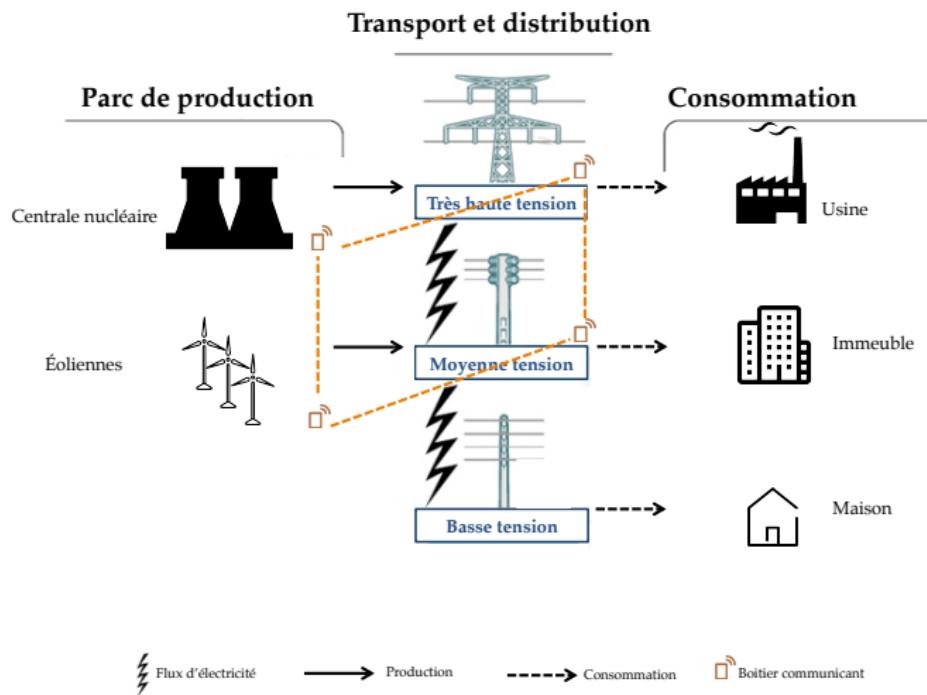
CONTEXTE INDUSTRIEL

Le réseau électrique aujourd'hui



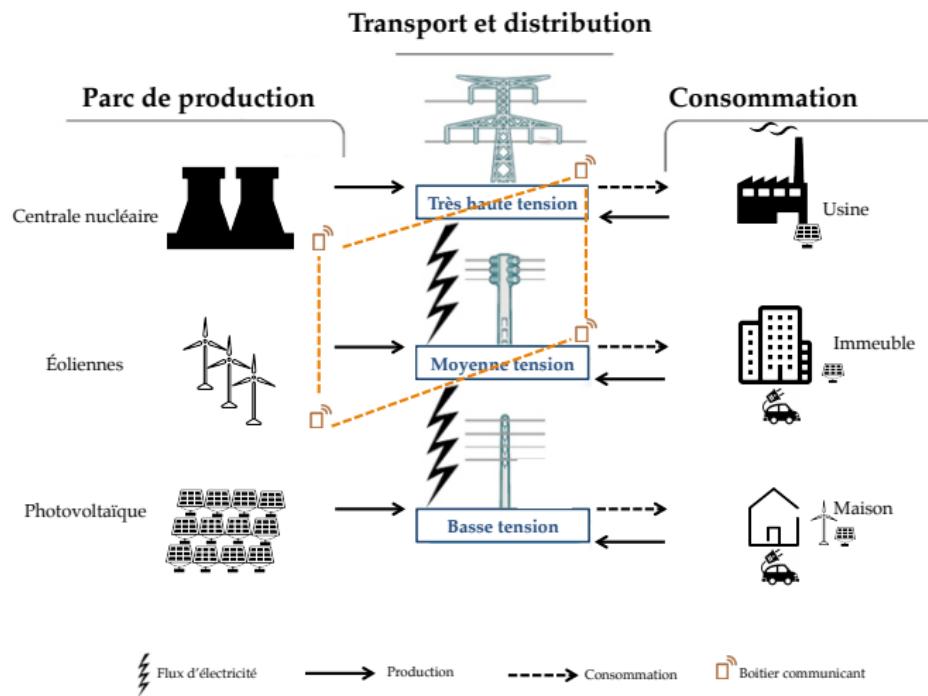
CONTEXTE INDUSTRIEL

Le réseau électrique aujourd'hui



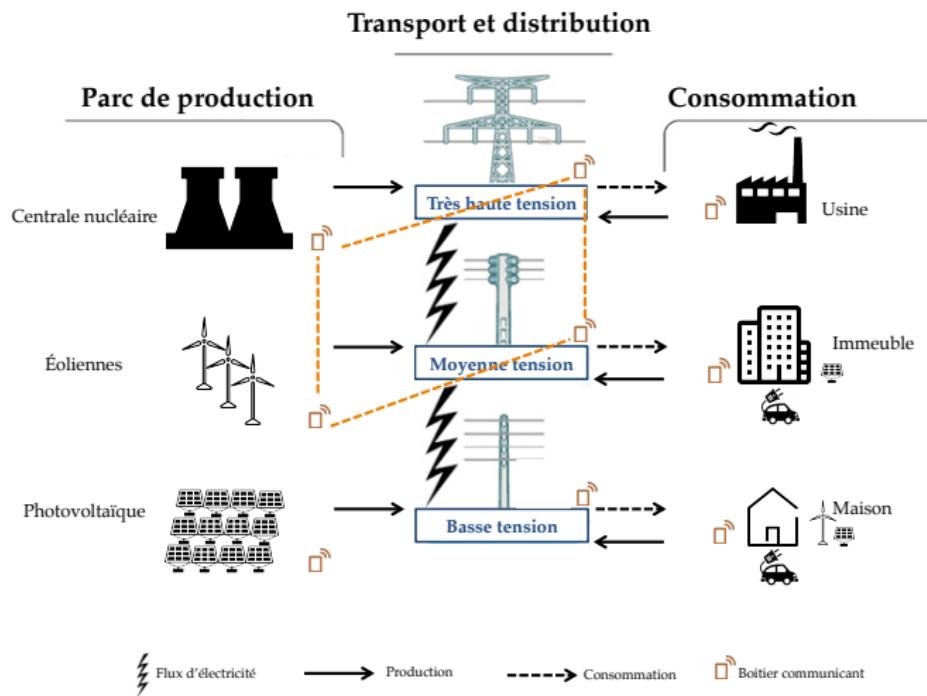
CONTEXTE INDUSTRIEL

Le réseau électrique en devenir



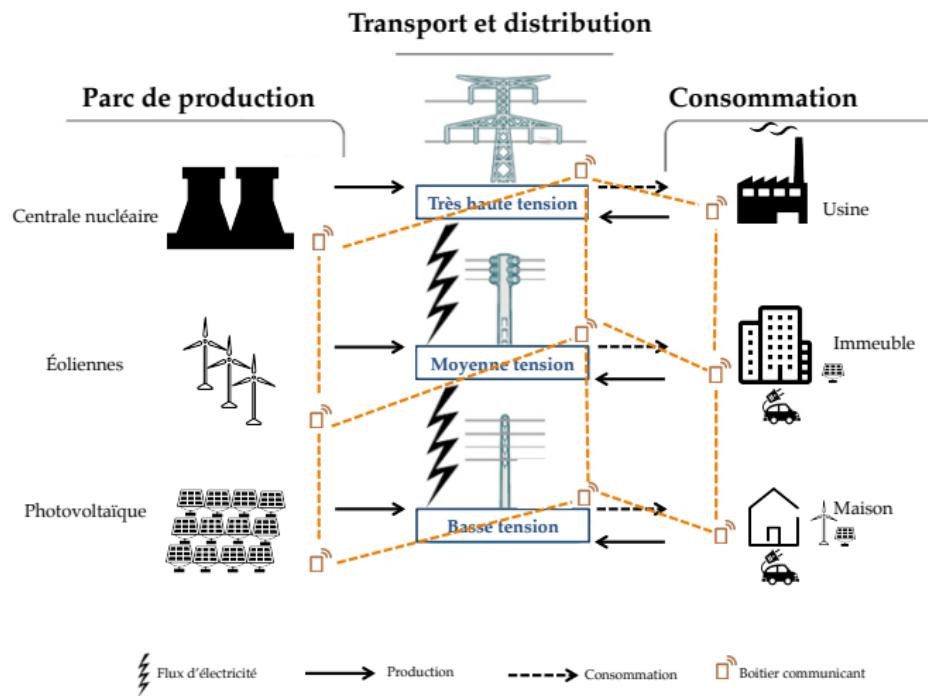
CONTEXTE INDUSTRIEL

Le réseau électrique en devenir



CONTEXTE INDUSTRIEL

Le réseau électrique en devenir



CONTEXTE INDUSTRIEL

Nouveaux acteurs

producteurs
décentralisés

Nouveaux usages

véhicules électriques
maisons connectées

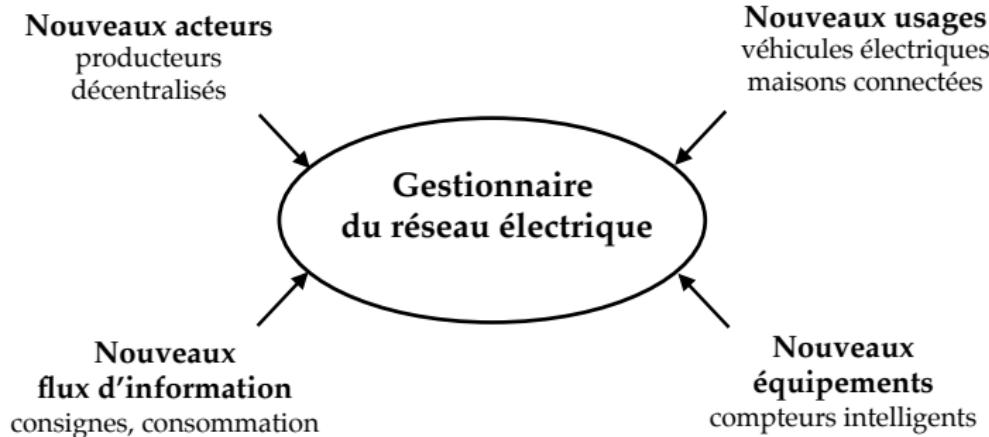
Nouveaux flux d'information

consignes, consommation

Nouveaux équipements

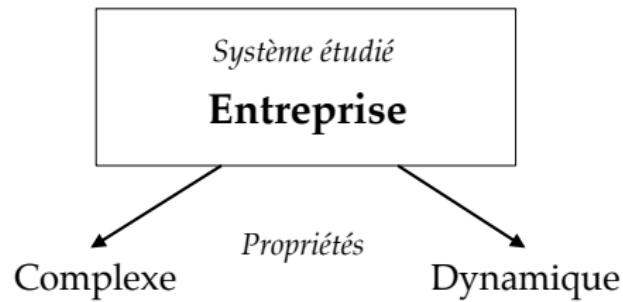
compteurs intelligents

CONTEXTE INDUSTRIEL

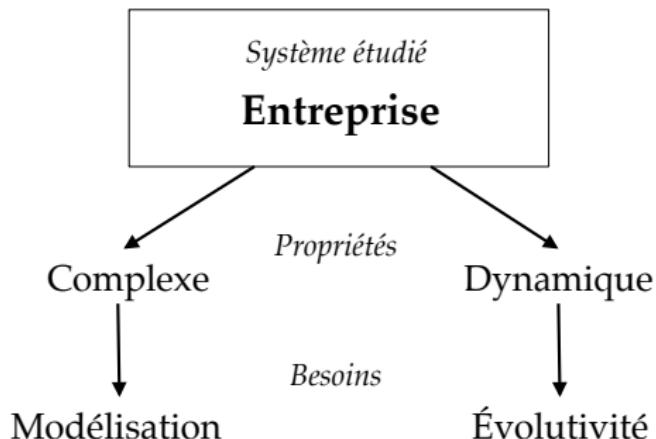


Comment valider une stratégie de développement orientée Smart Grids ?

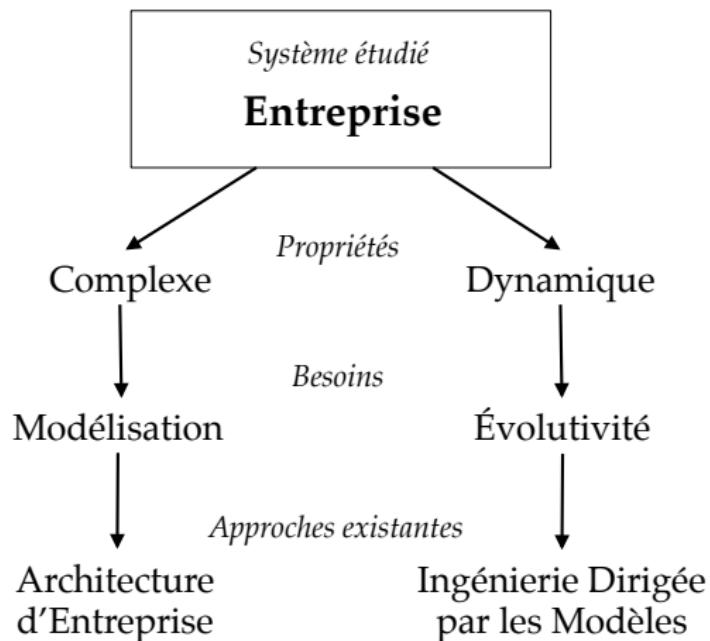
PROBLÉMATIQUE DE RECHERCHE



PROBLÉMATIQUE DE RECHERCHE



PROBLÉMATIQUE DE RECHERCHE



PROBLÉMATIQUE DE RECHERCHE

Quels modèles, méthodes et outils adopter pour simuler
une architecture d'entreprise ?

SOMMAIRE

Introduction

État de l'art

Contribution

Cas métier et mise en œuvre de l'approche

Conclusion et Perspectives

ARCHITECTURE D'ENTREPRISE

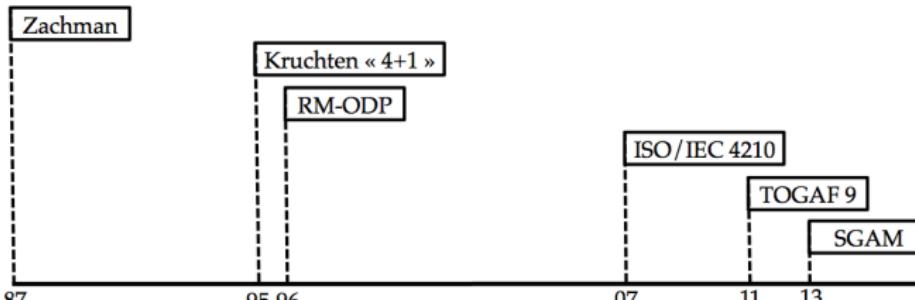
Définition

Une architecture d'entreprise est un ensemble pertinent d'artefacts de conception ou de représentations descriptives pour décrire une entreprise de manière à ce que cette entreprise soit créée en respectant certaines exigences et à ce qu'elle soit facilement maintenue tout au long de son cycle de vie.

(Zachman, 1997)

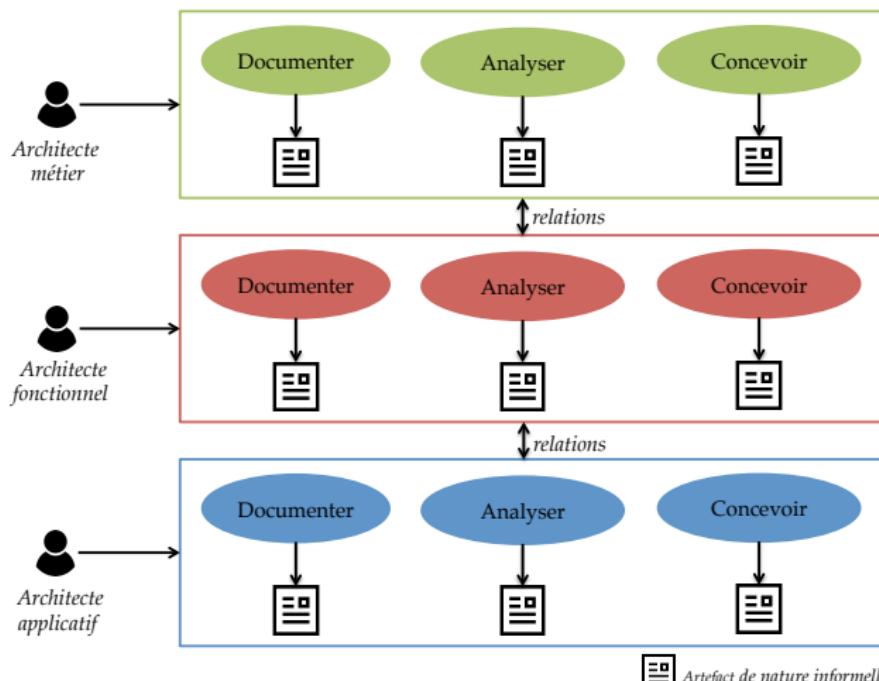
Cadres d'architecture – Approches par points de vue

- ▶ Séparer les préoccupations des différents acteurs
- ▶ Points de vue hiérarchisés : « *IT follows Business* »
- ▶ Quatre points de vue identifiés : métier, fonctionnel, applicatif, technique



LIMITES DES PRATIQUES COURANTES D'ARCHITECTURE D'ENTREPRISE

Des représentations informelles, hétérogènes et incompatibles avec la constante évolution de l'entreprise



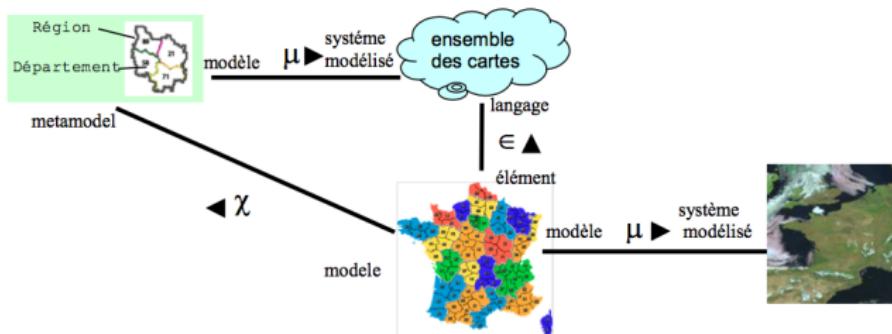
INGÉNIERIE DIRIGÉE PAR LES MODÈLES

Modèle – Définition

Un modèle est une abstraction d'un système, construite selon le bon point de vue, qui permet de répondre à des questions prédéfinies sur ce système en lieu et place de celui-ci. (Bézivin, Gerbé, 2001)

Relations fondamentales de l'IDM (Favre 2004)

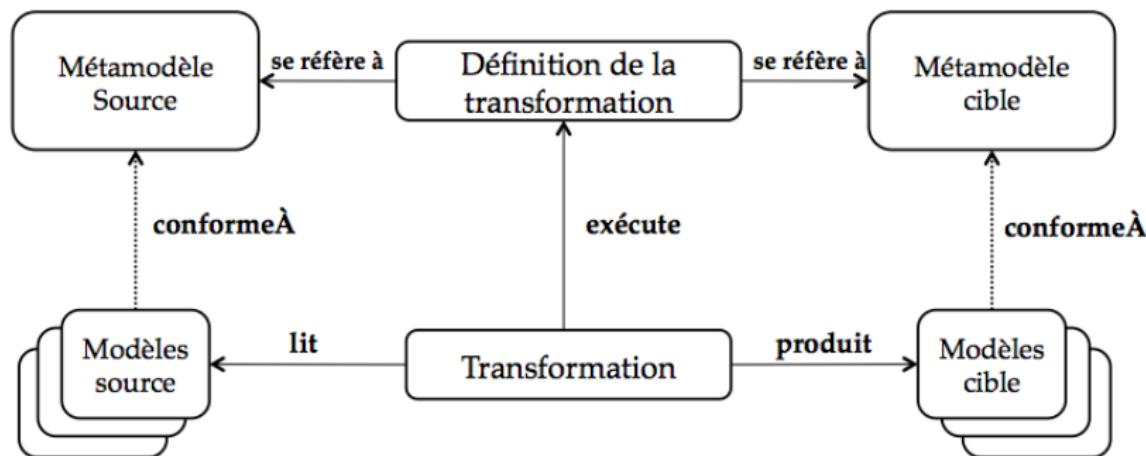
- ▶ χ : ConformeÀ
- ▶ μ : ReprésenteDe



INGÉNIERIE DIRIGÉE PAR LES MODÈLES

Transformation de modèle (Mens, Van Gorp, 2006)

- Des modèles « contemplatifs » aux modèles « productifs »
- Construire des SI évolutifs, s'alignant rapidement sur le métier



LANGAGES EXÉCUTABLES POUR L'ARCHITECTURE D'ENTREPRISE

Avantages des langages exécutables :

- ▶ Augmenter l'évolutivité des modèles en aidant à leur validation
- ▶ Lever les ambiguïtés des modèles purement contemplatifs

Langages de modélisation pour la simulation

⇒ Utilisation de langages **standardisés, exécutables, compréhensibles** par les experts (Chesbrough, Spohrer, 2006)

	métier	fonctionnel	applicatif
BPMN	✓		
fUML	✓	✓	
OCL		✓	
MiniZinc			✓

SOMMAIRE

Introduction

État de l'art

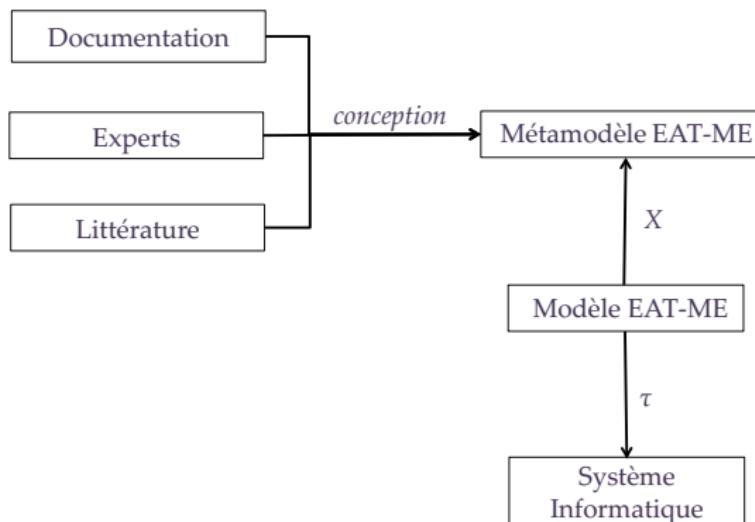
Contribution

Cas métier et mise en œuvre de l'approche

Conclusion et Perspectives

DÉMARCHE

L>IDM comme cadre méthodologique et technologique

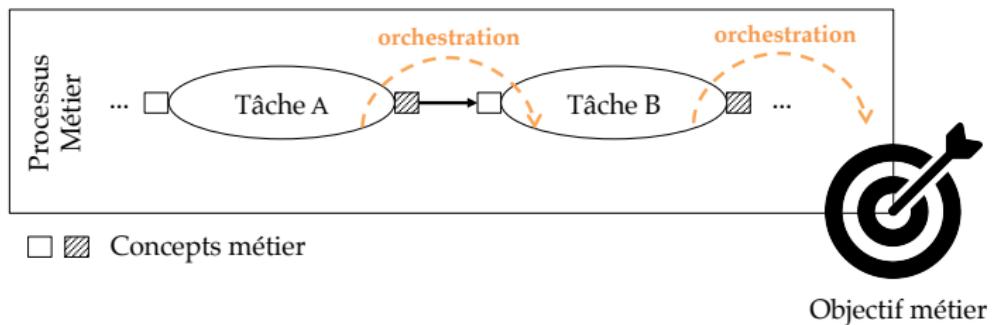


ANALYSE DU DOMAINE

- ▶ Démonstrateurs Smart Grids européens
- ▶ Normalisation de Uses Cases Smart Grids
- ▶ Projets de recherche et développement pour les Smart Grids

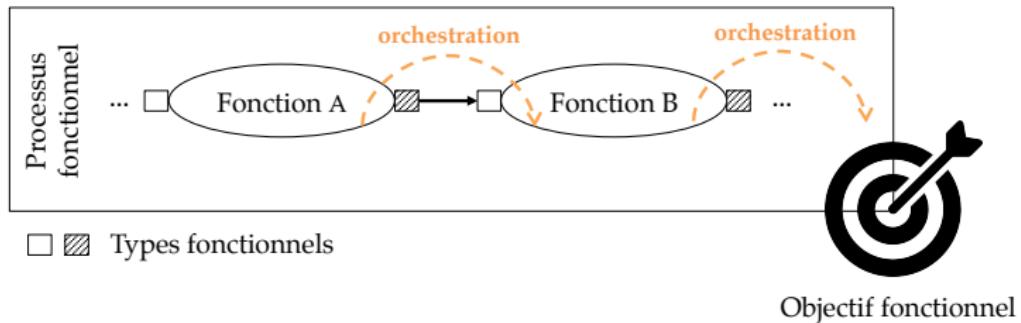
IDENTIFICATION DES CONCEPTS

Vue métier



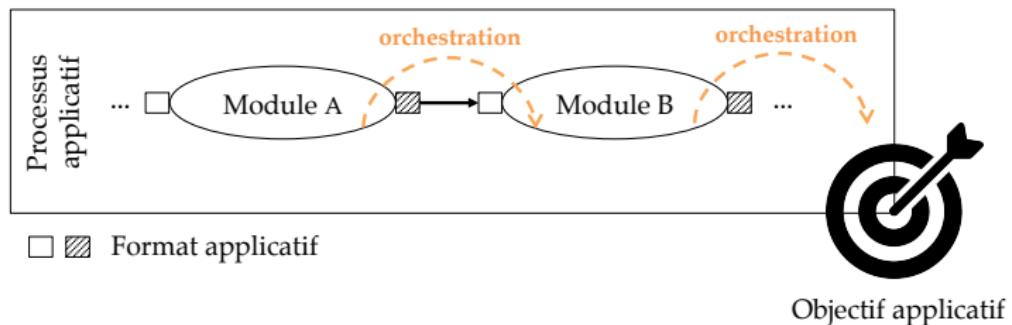
IDENTIFICATION DES CONCEPTS

Vue fonctionnelle

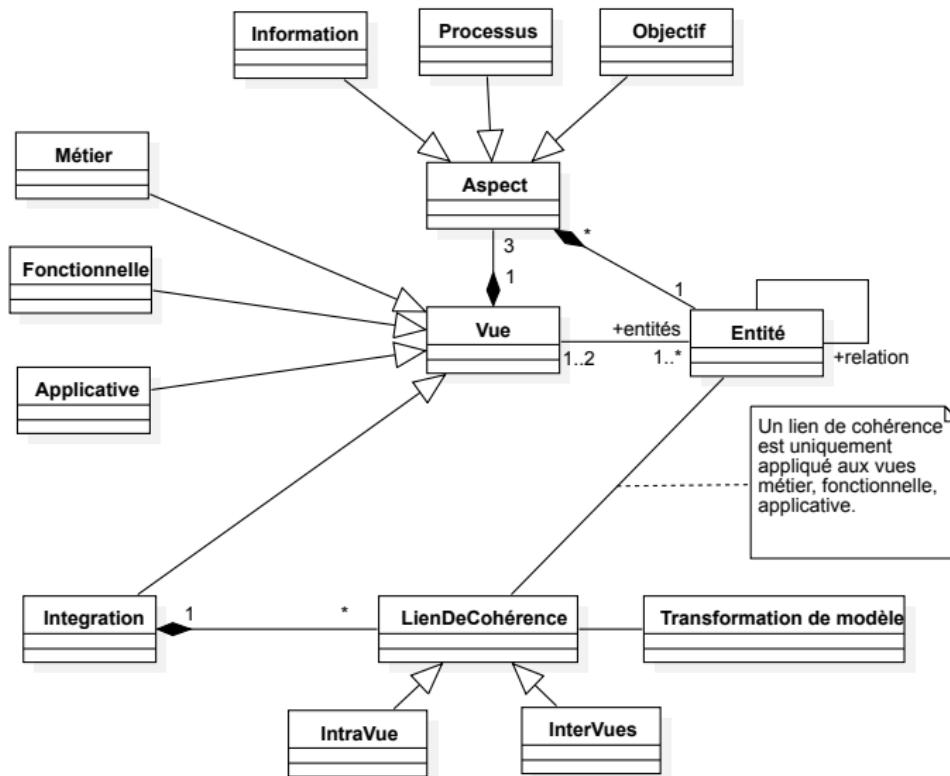


IDENTIFICATION DES CONCEPTS

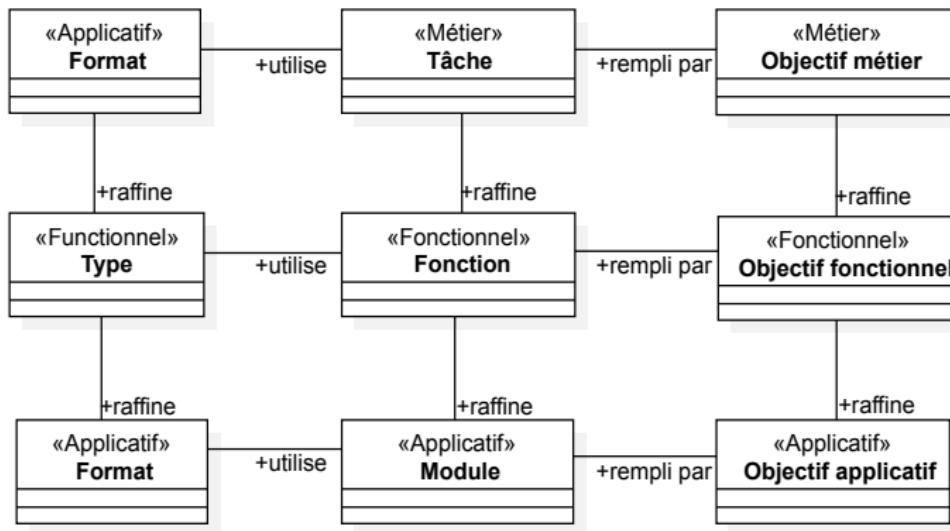
Vue applicative



MÉTAMODÈLE EAT-ME

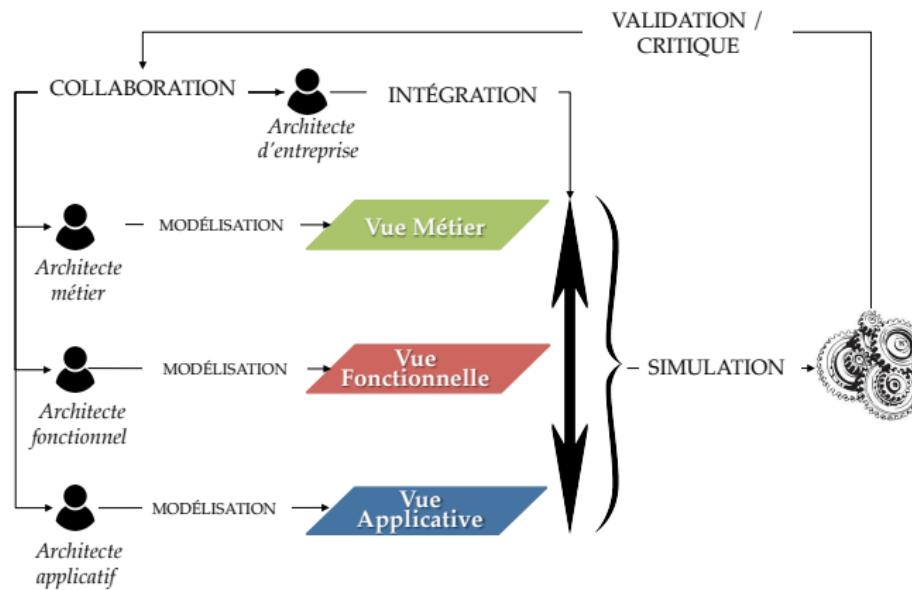


VUE INTÉGRATION



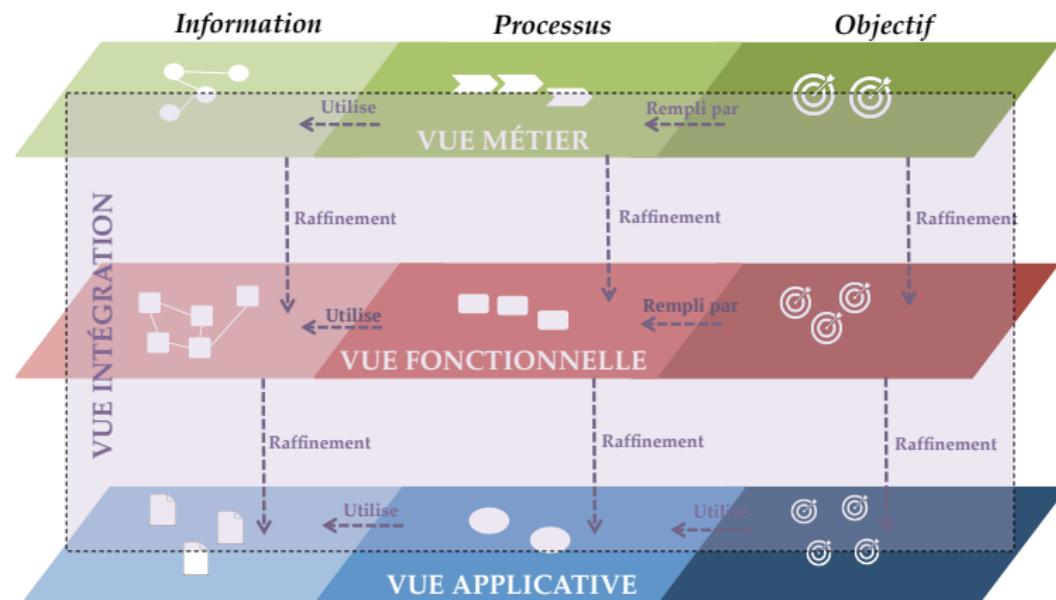
FRAMEWORK EXECUTEEA

Approche conceptuelle



FRAMEWORK EXECUTEEA

Cadre structurant



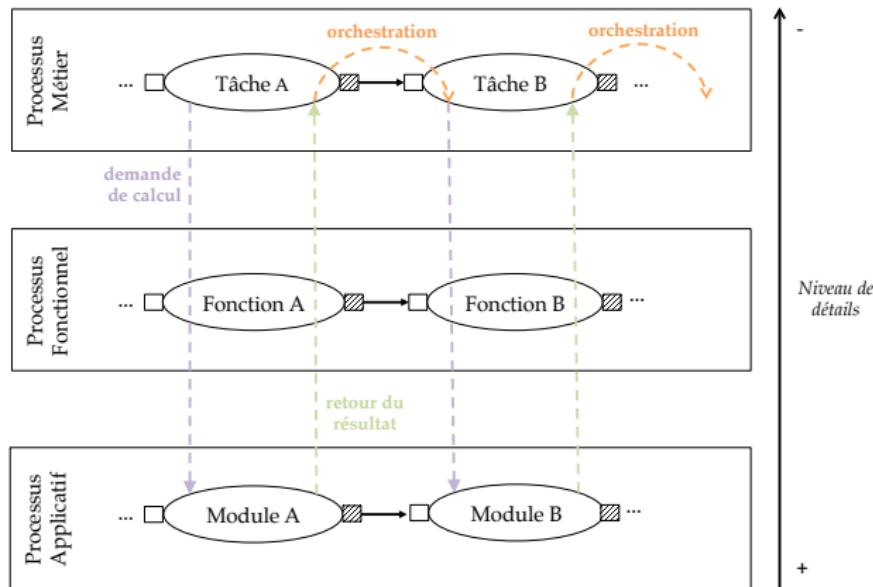
FRAMEWORK EXECUTEEA

Analyse de la structure

- ▶ métamodélisation
- ▶ contraintes
- ▶ transformations de modèles

FRAMEWORK EXECUTEEA

Analyse du comportement : simulation dirigée par les processus métier



SOMMAIRE

Introduction

État de l'art

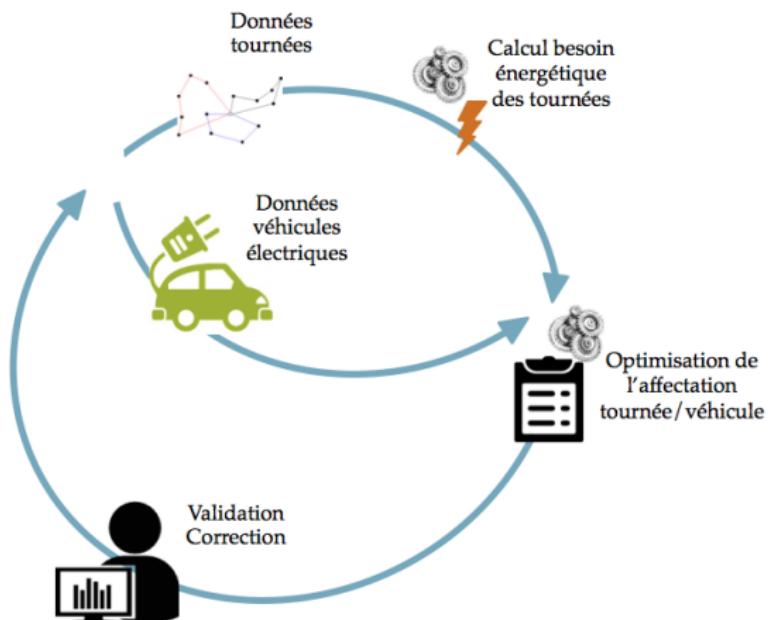
Contribution

Cas métier et mise en œuvre de l'approche

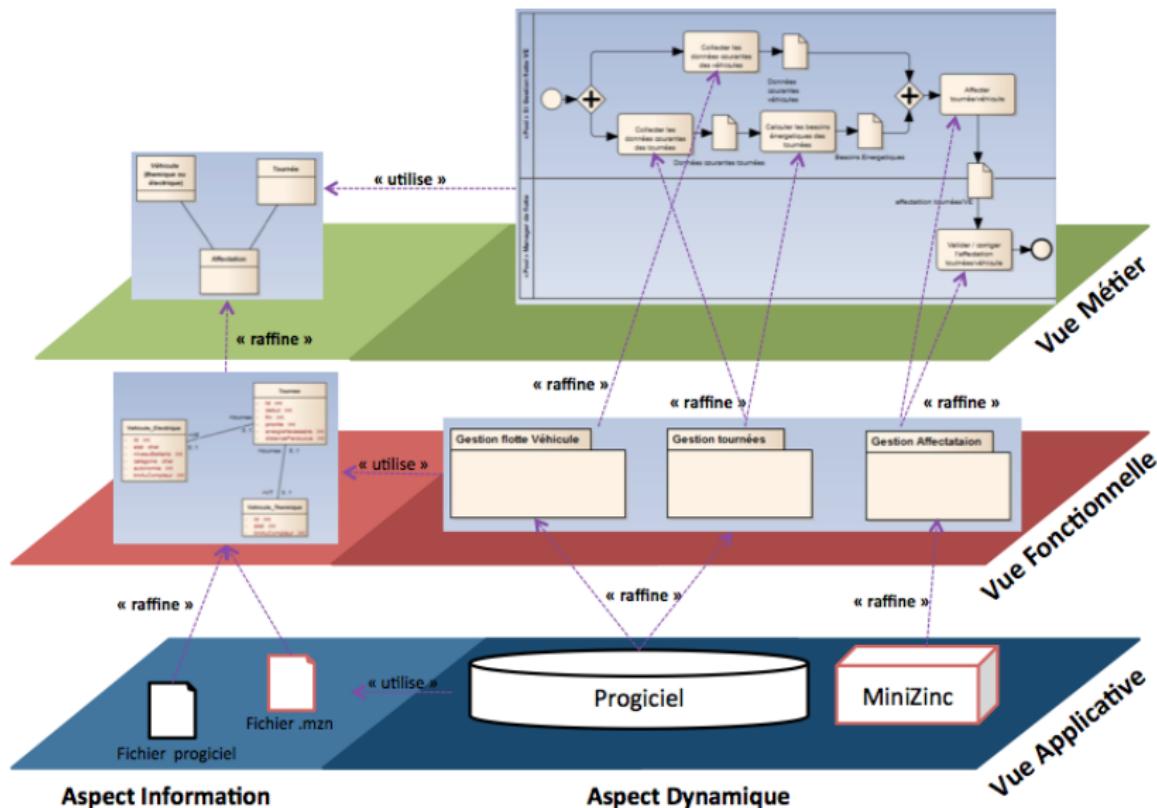
Conclusion et Perspectives

CAS MÉTIER – SI DE GESTION D'UNE FLOTTE DE VÉHICULES ÉLECTRIQUES (VE)

- ▶ Véhicules chargés au départ
- ▶ Pas de possibilité de recharge pendant la tournée
- ▶ **Objectif métier :** optimiser l'utilisation des véhicules électriques



MISE EN ŒUVRE DE L'APPROCHE



MISE EN ŒUVRE DE L'APPROCHE

Vue fonctionnelle

Gestion affectation

```
context Tournee
inv: self.VE.autonomie * self.VE.niveauBatterie > self.distanceParcourue

context Tournee
inv: self.VE <> undefined xor self.VT <> undefined

context Tournee::kmElec(): int
body: (Tournee::allInstances()->collect(t.VE <> undefined |t.distanceParcourue))->sum()
```

Transformation de
modèle avec Acceleo



Vue applicative

MiniZinc

```
constraint forall (i in Tournees) {
  % affectation de vehicule électrique si l autonomie l autorise
  constraint forall(i in Tournees, j in VehiculesElec)
  (tourneeVehicule[i]= identifiantVE[j] -> (autonomie[j]*niveauBatterie[j] > distanceTournee[i] /\ 
  kmElec[i]=distanceTournee[i]));

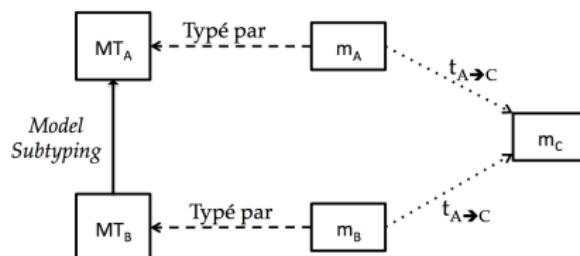
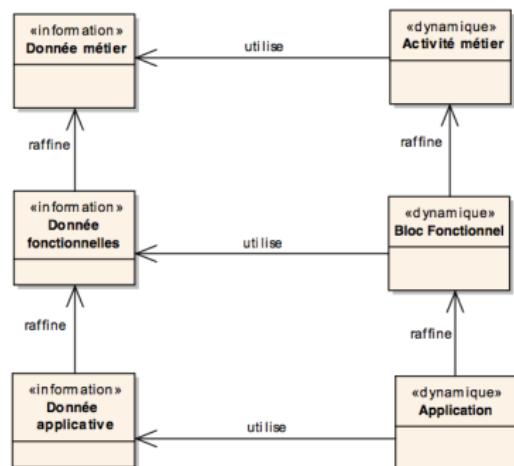
  % affectation d un vehicule thermique et dans ce cas kmElec est nul
  constraint forall(i in Tournees, k in VehiculesTherm)
  (tourneeVehicule[i]= identifiantVT[k] -> kmElec[i]=0);

  %maximiser le nombre de km de tournée fait par les véhicules électriques
  solve maximize sum(i in Tournees) (kmElec[i]);
```

MISE EN ŒUVRE DE L'APPROCHE

► Vue Intégration

Garantir la cohérence entre vues et entre aspects d'une même vue



SOMMAIRE

Introduction

État de l'art

Contribution

Cas métier et mise en œuvre de l'approche

Conclusion et Perspectives

Conclusion

- ▶ Contribution : Modélisation par points de vue du SI dans un cadre de **cohérence** par l'ajout d'un point de vue **Intégration** et le recours systématique aux langages **exécutables** pour la **simulation**
- ▶ Validation : application Smart Grids à travers la gestion d'une flotte de véhicules électriques

Perspectives

- ▶ Mise en œuvre du Model Typing pour l'implémentation de la vue Intégration
- ▶ Co-simulation des trois points de vue en pilotant la simulation du SI par le processus métier (implémentation avec Papyrus).

RÉFÉRENCES

- ▶ Bézivin J., Gerbé O. (2001). Towards a precise definition of the omg/mda framework. In Automated software engineering, 2001.(ase 2001). proceedings. 16th annual international conference on, p. 273-280.
- ▶ Chesbrough H., Spohrer J. (2006). A research manifesto for services science. Communications of the ACM, vol. 49, no 7, p. 35-40.
- ▶ Favre J.-M. (2004). Towards a basic theory to model model driven engineering. In 3rd workshop in software model engineering, wisme, p. 262-271.
- ▶ Mens T., Van Gorp P. (2006). A taxonomy of model transformation. Electronic Notes in Theoretical Computer Science, vol. 152, p. 125-142.
- ▶ Shannon R. E. (1975). Systems simulation.
- ▶ Steel J., Jézéquel J.-M. (2007). On model typing. Software and Systems Modeling, vol. 6, no 4, p. 401-413.
- ▶ Reix R., Fallery B., Kalika M., Rowe F. (1995). Systèmes d'information et management des organisations. Vuibert.