

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

Approche proposée

Cas métier et mise en œuvre de l'approche

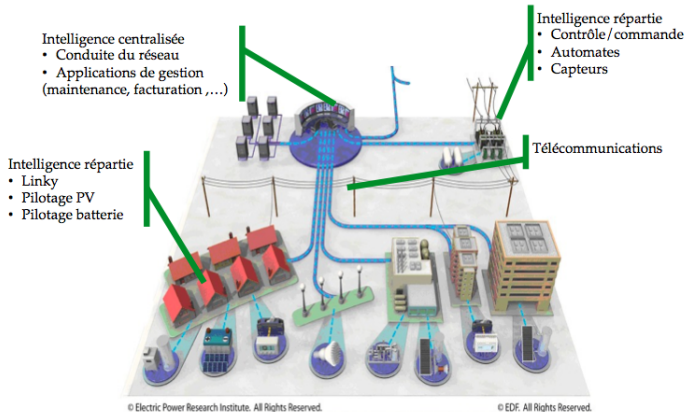
Conclusion et Perspectives

INTRODUCTION

Qu'est-ce qu'un Smart Grid ?

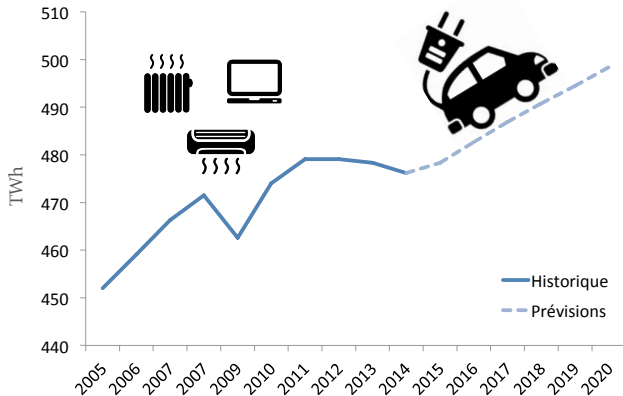
*Un Smart Grid est un réseau électrique intelligent qui permet d'**optimiser** la production, la distribution et la consommation d'électricité grâce à l'**introduction des technologies de l'information et de la communication** sur le réseau électrique.*

www.smartgrids-cre.fr



PROBLÉMATIQUE INDUSTRIELLE

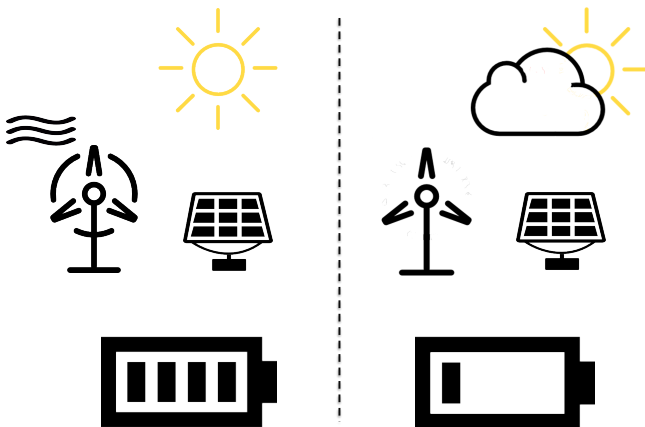
Arrivée massive des véhicules électriques



Source : prévisions de consommation RTE 2014

PROBLÉMATIQUE INDUSTRIELLE

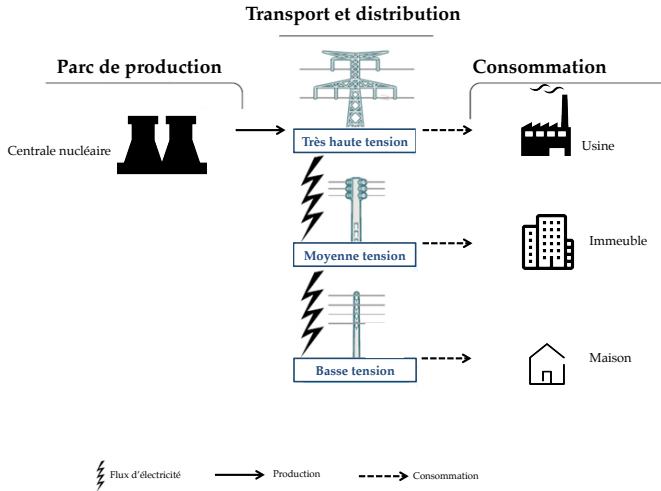
Arrivée massives des énergies intermittentes



Production d'électricité

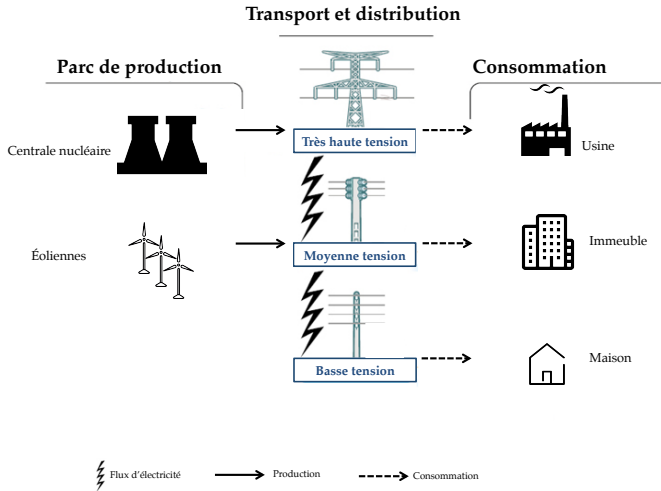
PROBLÉMATIQUE INDUSTRIELLE

Le réseau électrique en 1990



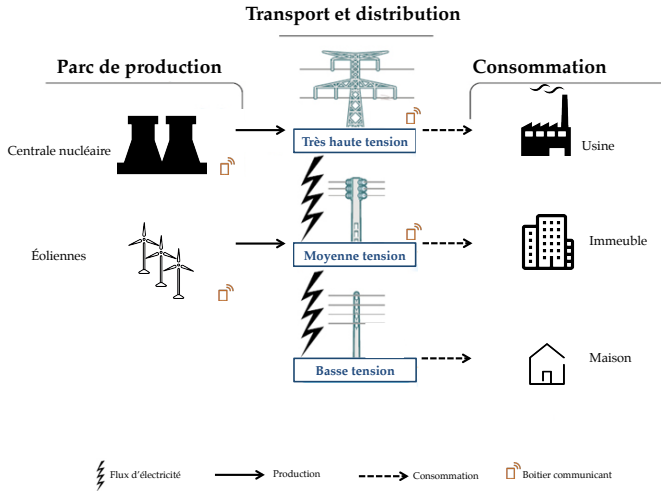
PROBLÉMATIQUE INDUSTRIELLE

Le réseau électrique aujourd'hui



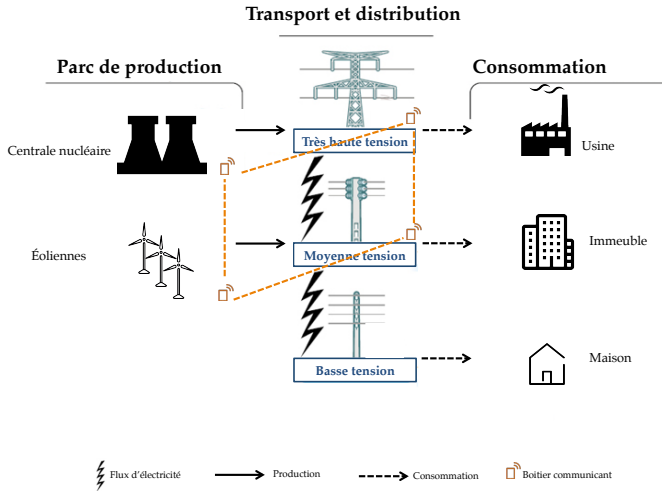
PROBLÉMATIQUE INDUSTRIELLE

Le réseau électrique aujourd'hui



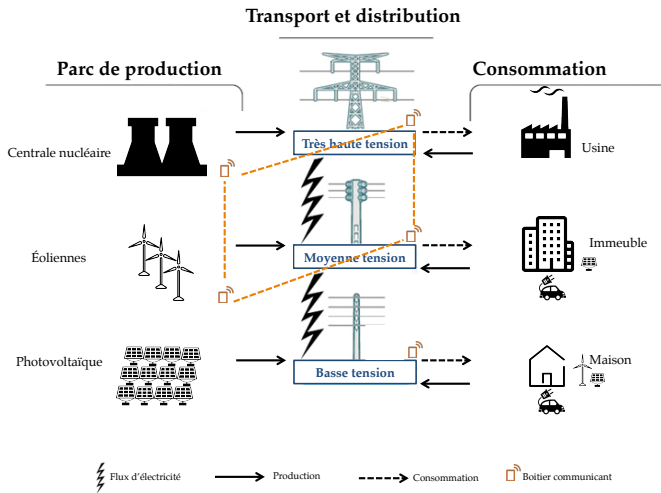
PROBLÉMATIQUE INDUSTRIELLE

Le réseau électrique aujourd'hui



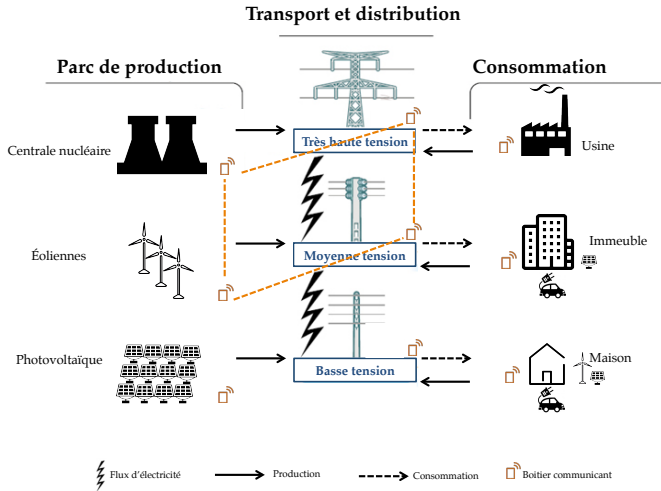
PROBLÉMATIQUE INDUSTRIELLE

Le réseau électrique en devenir



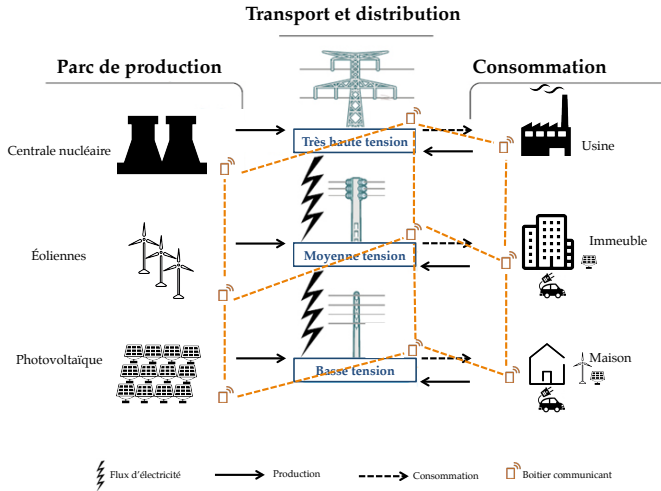
PROBLÉMATIQUE INDUSTRIELLE

Le réseau électrique en devenir



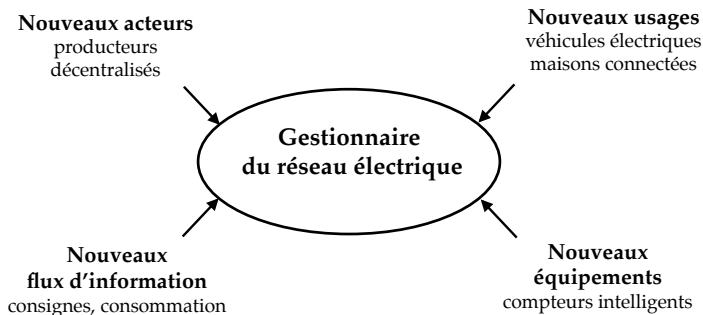
PROBLÉMATIQUE INDUSTRIELLE

Le réseau électrique en devenir



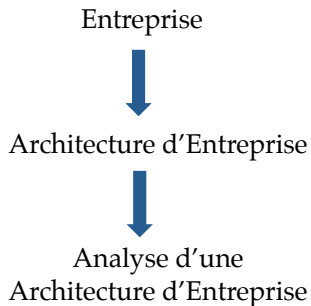
PROBLÉMATIQUE INDUSTRIELLE

Impacts des Smart Grids

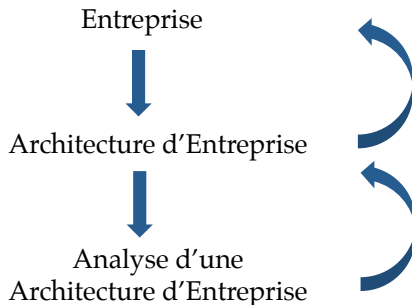


⇒ **Besoin de valider les scénarios élaborés avant leurs déploiements**

PROBLÉMATIQUE DE RECHERCHE



PROBLÉMATIQUE DE RECHERCHE



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

SOMMAIRE

Introduction

État de l'art

Approche proposée

Cas métier et mise en œuvre de l'approche

Conclusion et Perspectives

ARCHITECTURE D'ENTREPRISE

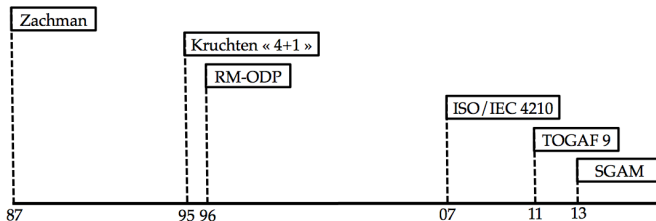
Définition

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



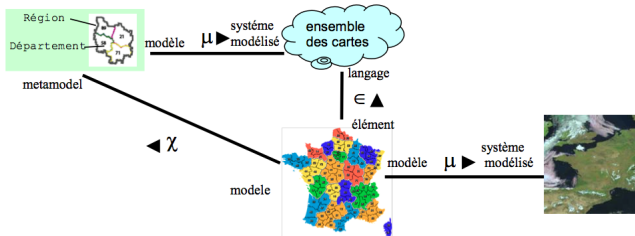
INGÉNIERIE DIRIGÉE PAR LES MODÈLES

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)

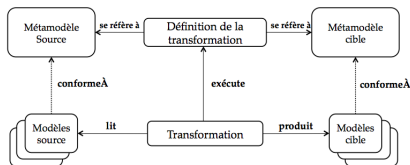
- χ : *Conforme À*
- μ : *Représentation De*



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



Model Typing (Steel, Jézéquel, 2007)

- ▶ Contrôler les modèles manipulés par les transformations
- ▶ Augmenter la réutilisabilité des transformations

SIMULATION DU SI

Simulation – Définition

*La simulation consiste à **modéliser** un système réel et à mener des expérimentations sur le modèle obtenu dans le but de comprendre le **comportement** du système et/ou d'**évaluer** différentes stratégies concernant son fonctionnement.* (Shannon, 1975)

- ▶ 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

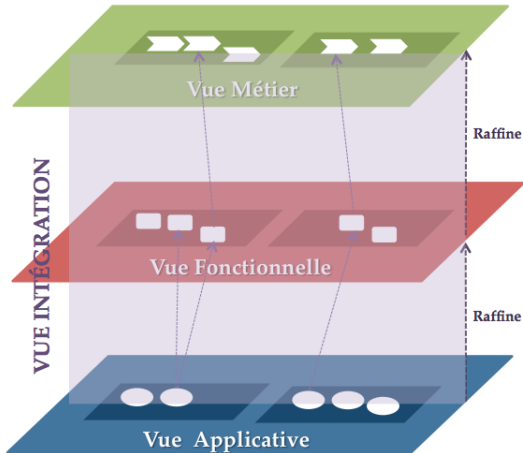
État de l'art

Approche proposée

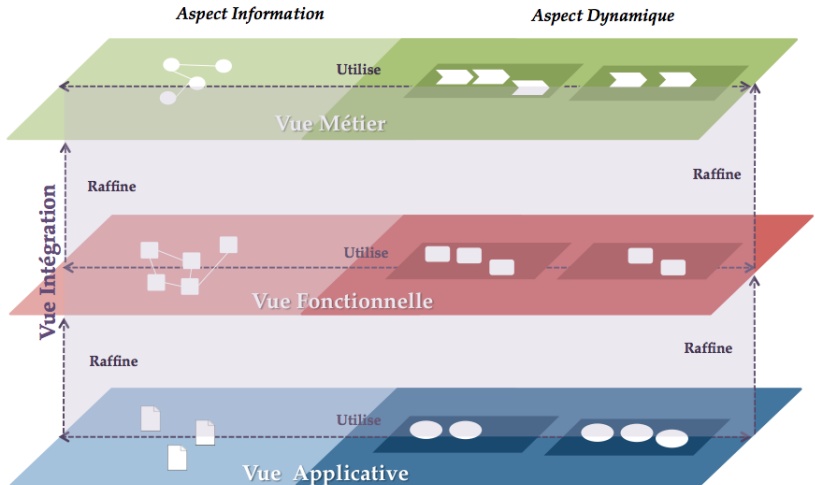
Cas métier et mise en œuvre de l'approche

Conclusion et Perspectives

APPROCHE PROPOSÉE

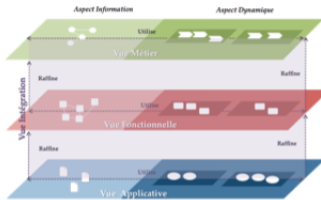


APPROCHE PROPOSÉE



APPROCHE PROPOSÉE – OBJECTIF – ÉTAT DE L'ART

IDM & Architecture SI



Validation
Critique



Standards
du domaine

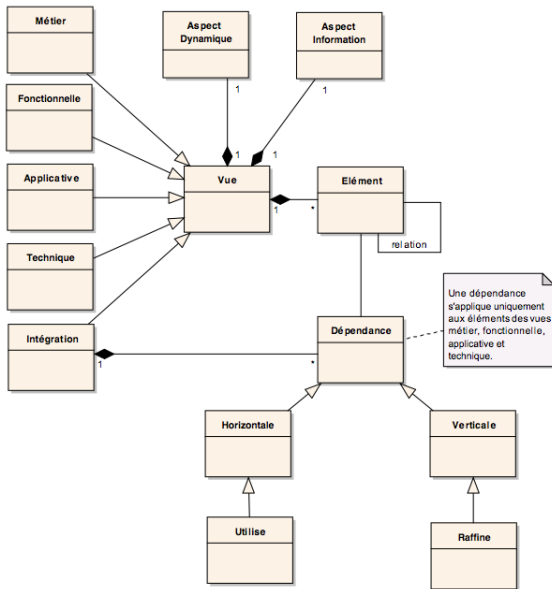
Simulation



Observation

IDM &
Ingénierie des
langages

MÉTAMODÈLE DE L'APPROCHE



SOMMAIRE

Introduction

État de l'art

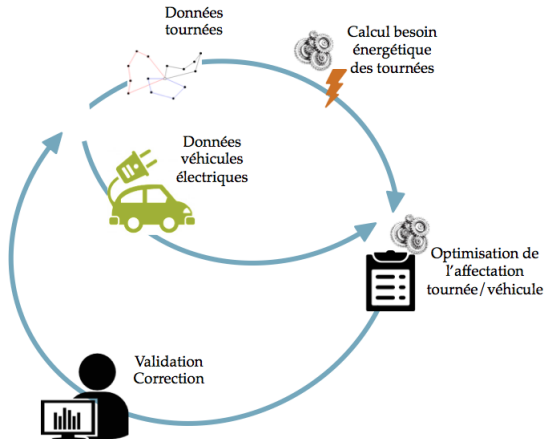
Approche proposée

Cas métier et mise en œuvre de l'approche

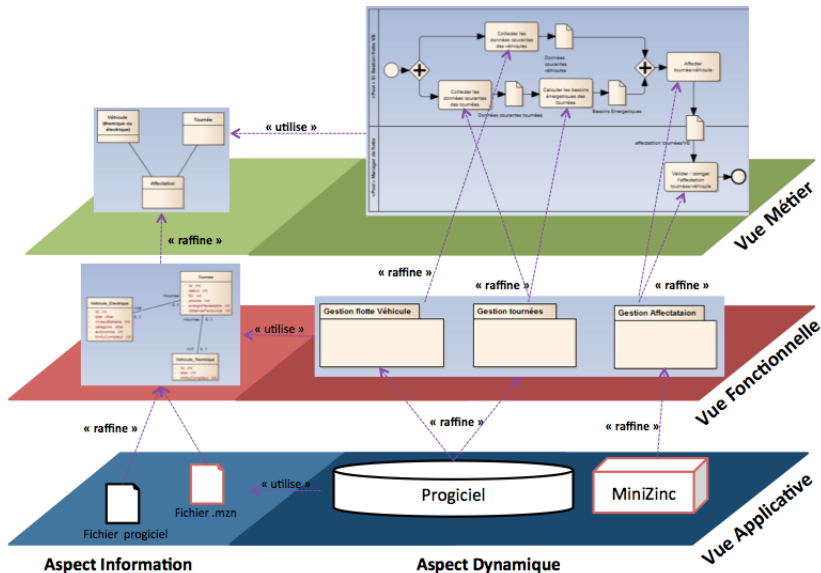
Conclusion et Perspectives

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 electrique 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]});

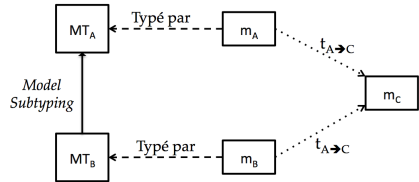
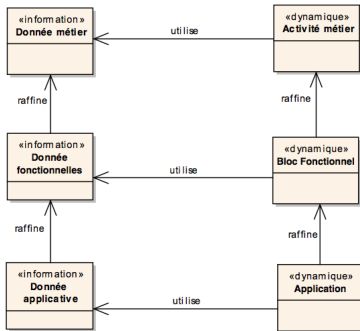
  % affectation d un vehicule thermique et dans ce cas kmElec est nul
  constraint forall(i in Tournees, k in VehiculesTherm)
  {tourneeVehicule[i]= identifiantVT[k] -> kmElec[i]=0};

  %maximiser le nombre de km de tournée fait par les vehicules electriques
  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

Approche proposée

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.