



convertisseur
d'énergie
**Intégré
Intelligent**

11 juillet 2018 – comité de suivi

T6 – CE2I – IDEAL

Alain BOUSCAYROL – Walter LHOMME

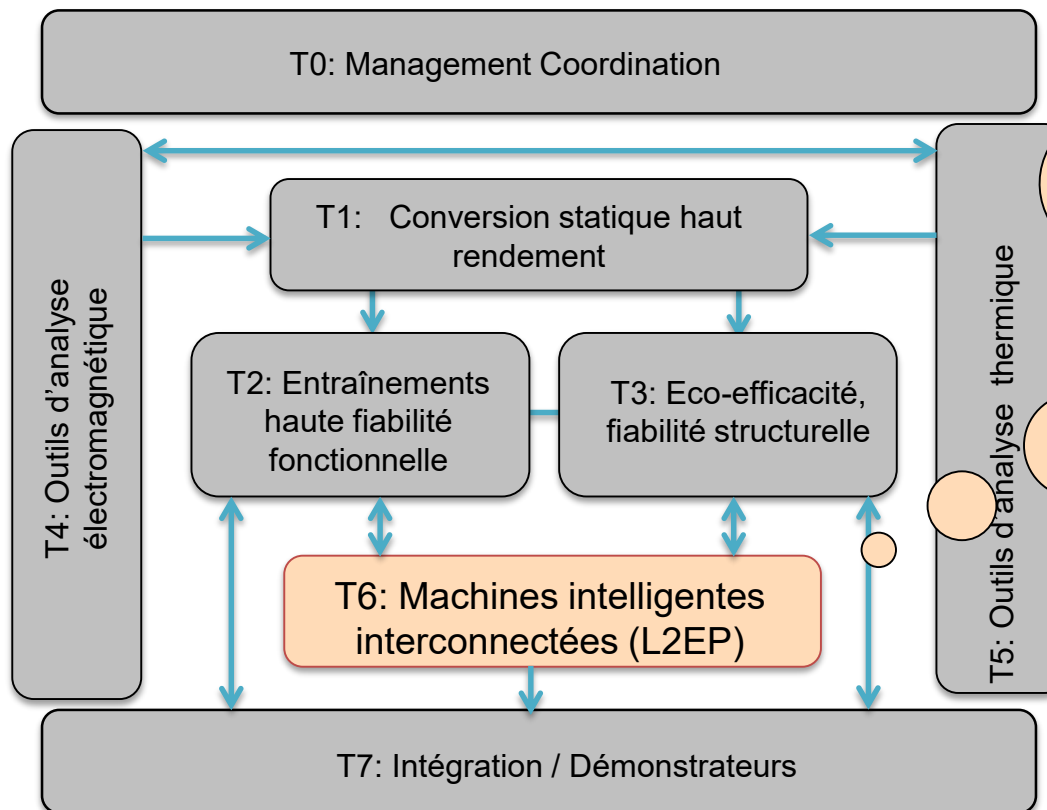


1. Contexte et Objectif

.....

Alain BOUSCAYROL





T6 - Machines intelligentes interconnectées

- production éolienne avec réseau DC
- production dans les systèmes embarqués
- **motorisation dans les transports**
- avec systèmes de stockage

Projet CE2I-IDEAL¹ :
machines électriques intégrées
pour véhicules hybrides poids lourds

(FEDER 2015-2018, 293 k€)

¹ Intégration, Diagnostic, Efficacité et Intelligence d'Actionneur pour une mobilité à haute qualité environnementale

Poids lourds hybrides :

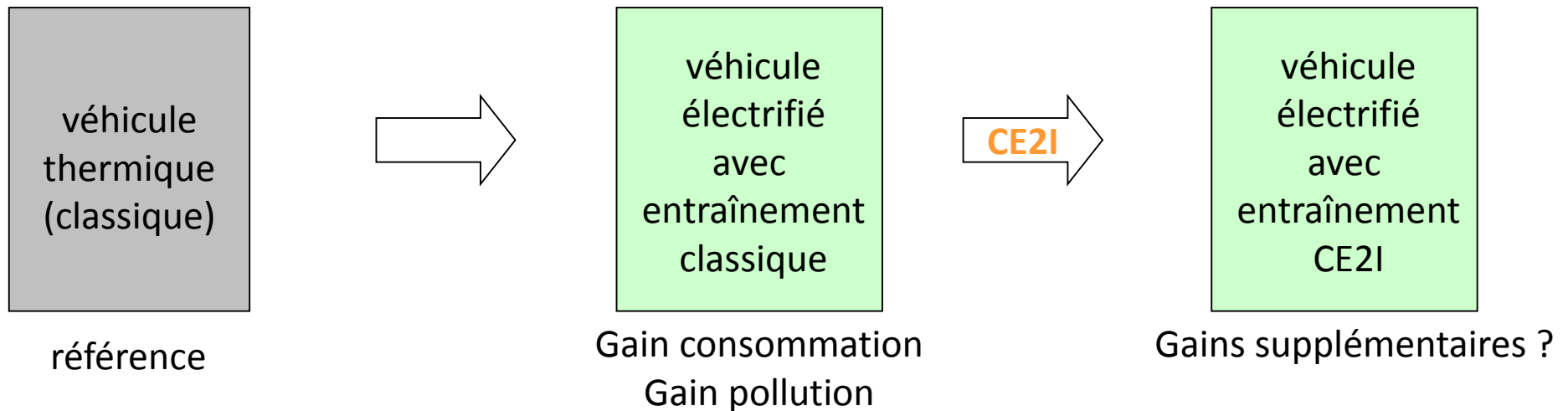
- les poids-lourds diesel vont être interdits dans certaines villes
- la plupart des poids-lourds ne peuvent pas être purement électriques
- l'hybridation des poids-lourds demande un investissement important
- des technologies plus efficaces sont nécessaires pour relever le challenge

Poids-lourds hybrides et « e-drive » C2EI

- « e-drives » plus efficaces et plus intelligents pour poids-lourds hybrides
- un poids-lourd hybride de livraison comme référence
- comparaison de nouvelles technologies pour hybridation
- gains supplémentaires avec un « e-drive » C2EI ?

Etude « e-drive » CE2I pour véhicules électriques et hybrides

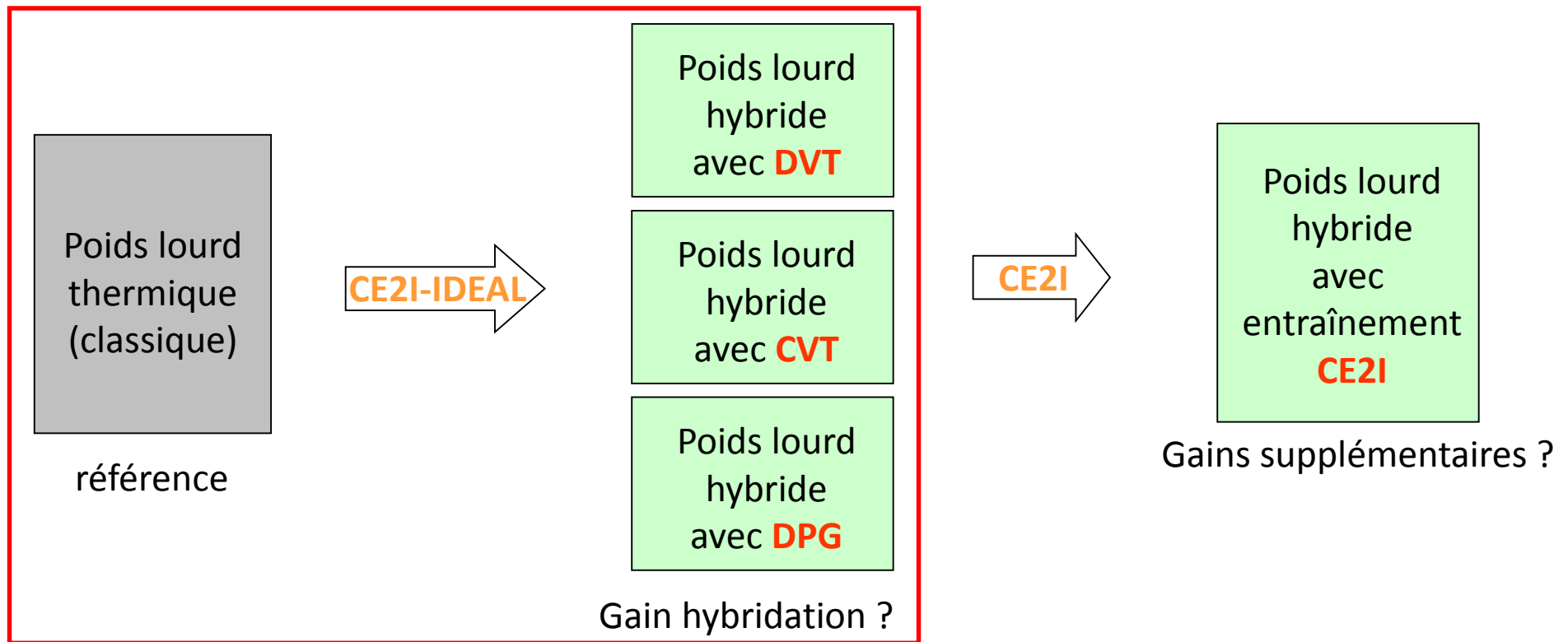
- quels gains de consommation et de pollution ?
 - fonctionnement dans le système de traction ?
 - possibilités de marches dégradées ?
- } comparaisons de véhicules



CE2I-IDEAL : mise en place de véhicules de référence pour poids-lourds hybrides

Poids lourd hybride de type série-parallèle (SP)

- potentiellement le meilleur rendement global
- hybridation SP non commercialisée mais beaucoup de recherche
- diverses transmissions à l'étude (CVT, EVT, DPG, etc.)



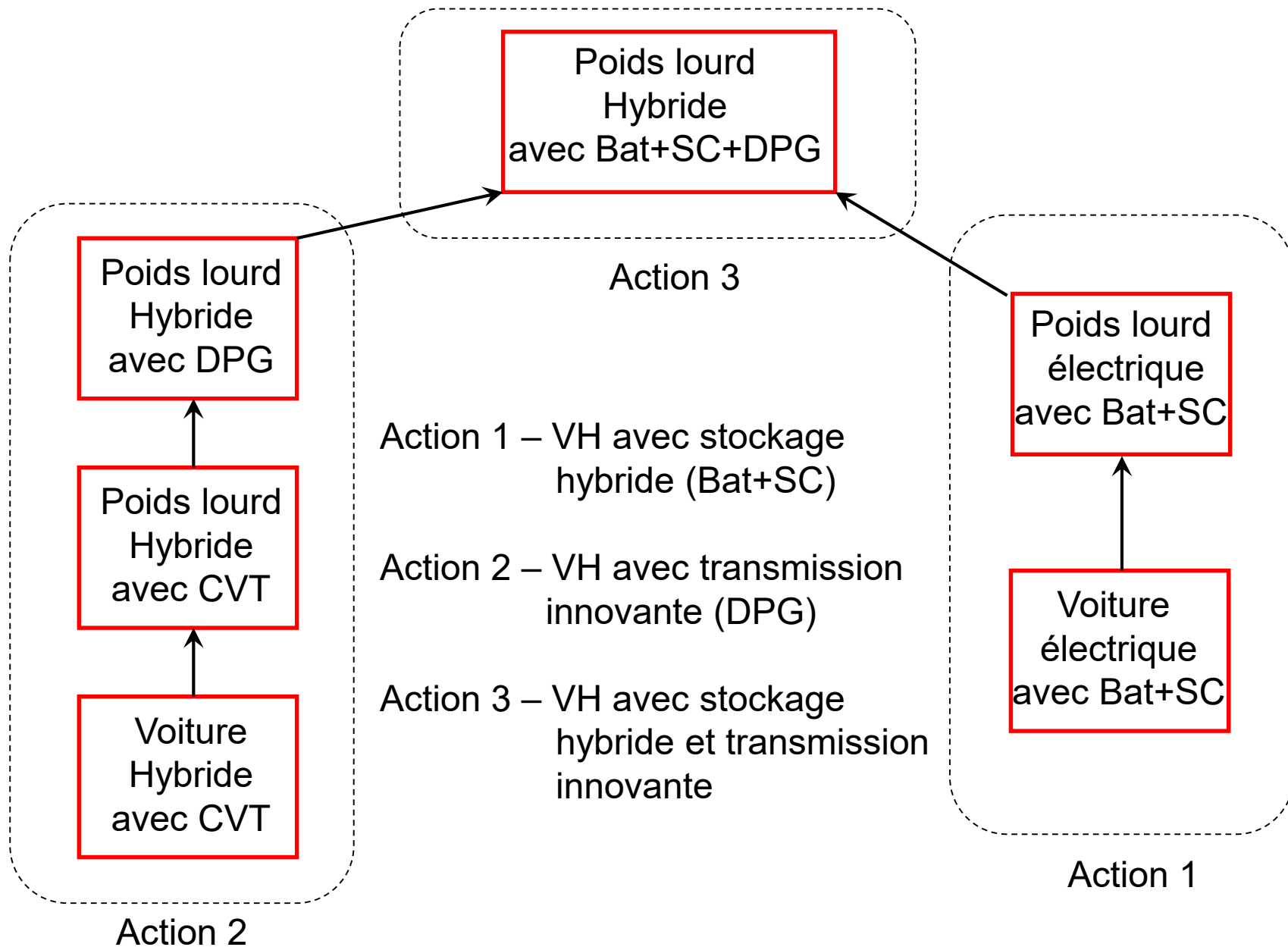
- CE2I-IDEAL livrables** : mise en place de véhicules de référence pour
- 1) faciliter l'étude du véhicule final (adaptation du modèle global)
 - 2) réaliser la comparaison pour définir l'intérêt de l'entraînement CE2I

2. Organisation du projet CE2I IDEAL

.....

Alain BOUSCAYROL







Post-doc C. Mayet

Poids lourd
Hybride
avec DPG

Poids lourd
Hybride
avec CVT

Voiture
Hybride
avec CVT

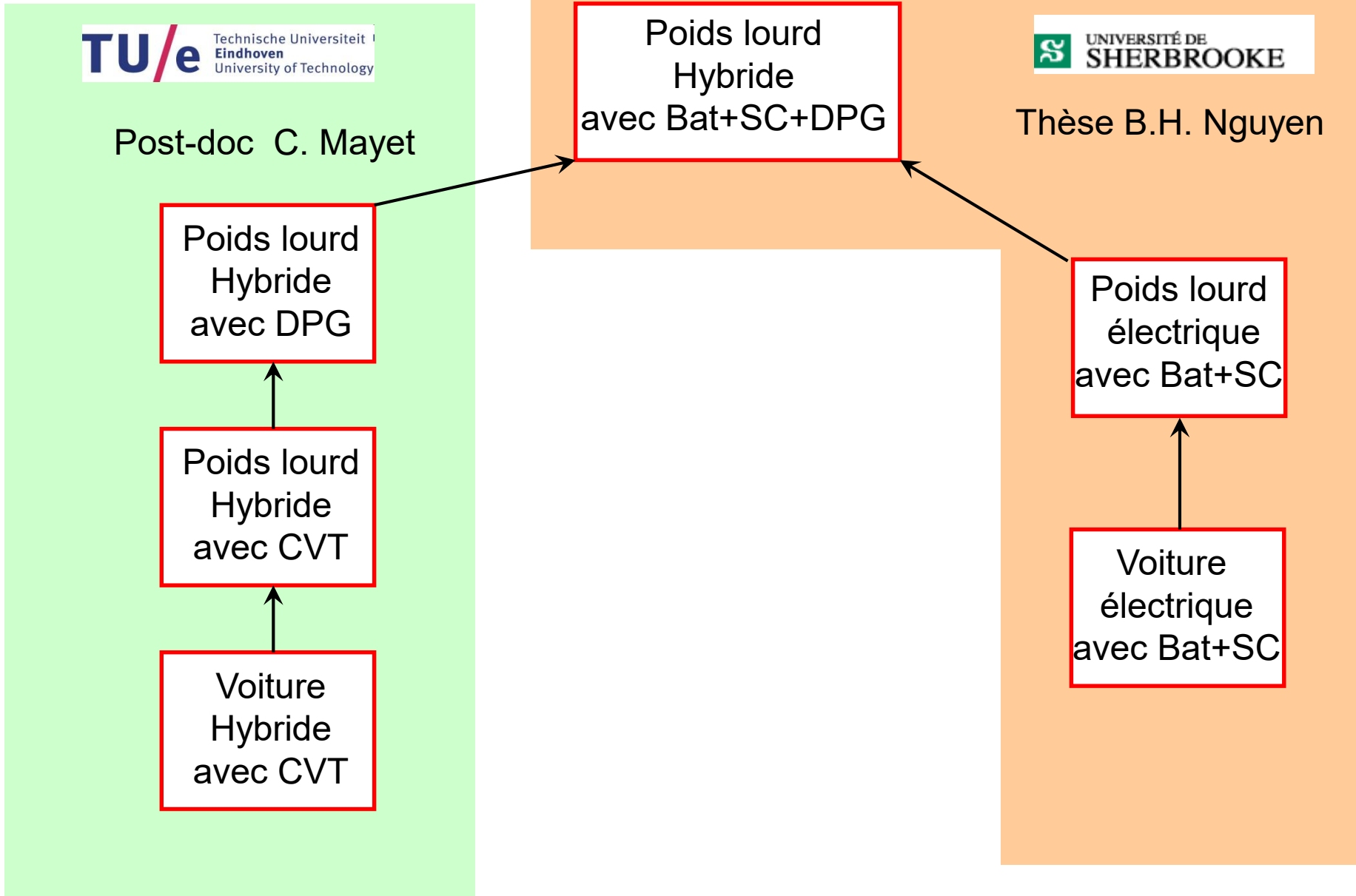
Poids lourd
Hybride
avec Bat+SC+DPG

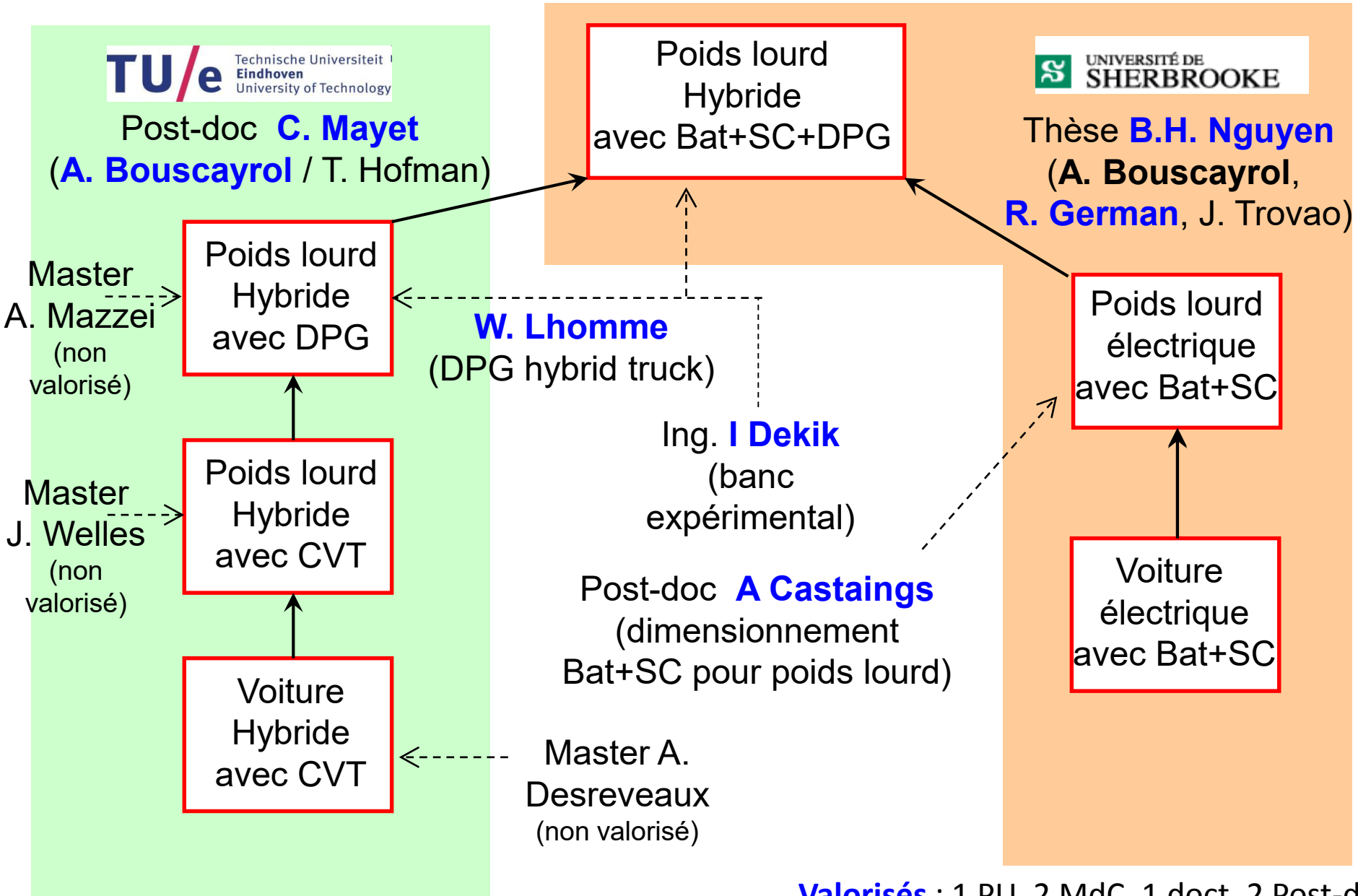


Thèse B.H. Nguyen

Poids lourd
électrique
avec Bat+SC

Voiture
électrique
avec Bat+SC







Véhicule réel de livraison [Hofman 2008]

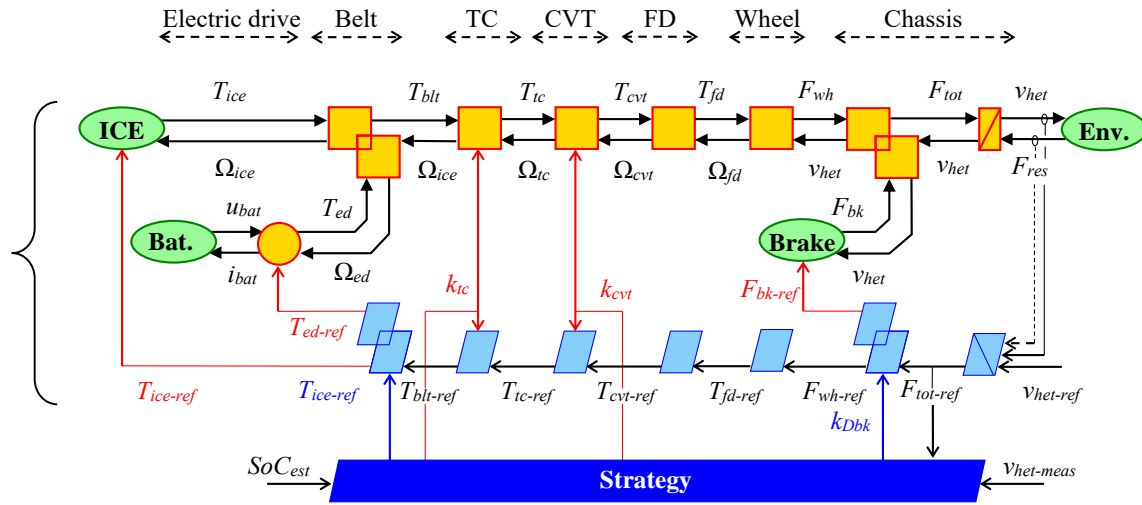
Masse - 7258 kg

Moteur thermique - 205 kW

(machine électrique – 58 kW)



Utilisation de la REM pour organiser les différents modèles et commandes



Utilisation de la Programmation Dynamique pour définir la gestion d'énergie pour consommation optimale

3. Action 2 – Comparaison poids lourds hybrides

.....

Walter LHOMME



TU/e Technische Universiteit
Eindhoven
University of Technology

Post-doc C. Mayet
(A. Bouscayrol / T. Hofman /
W. Lhomme)

Poids lourd
Hybride
avec Bat+SC+DPG

Poids lourd
Hybride
avec DPG

W. Lhomme
I. Dekik
Master A. Mazzei



Poids lourd
électrique
avec Bat+SC

Poids lourd
Hybride
avec CVT

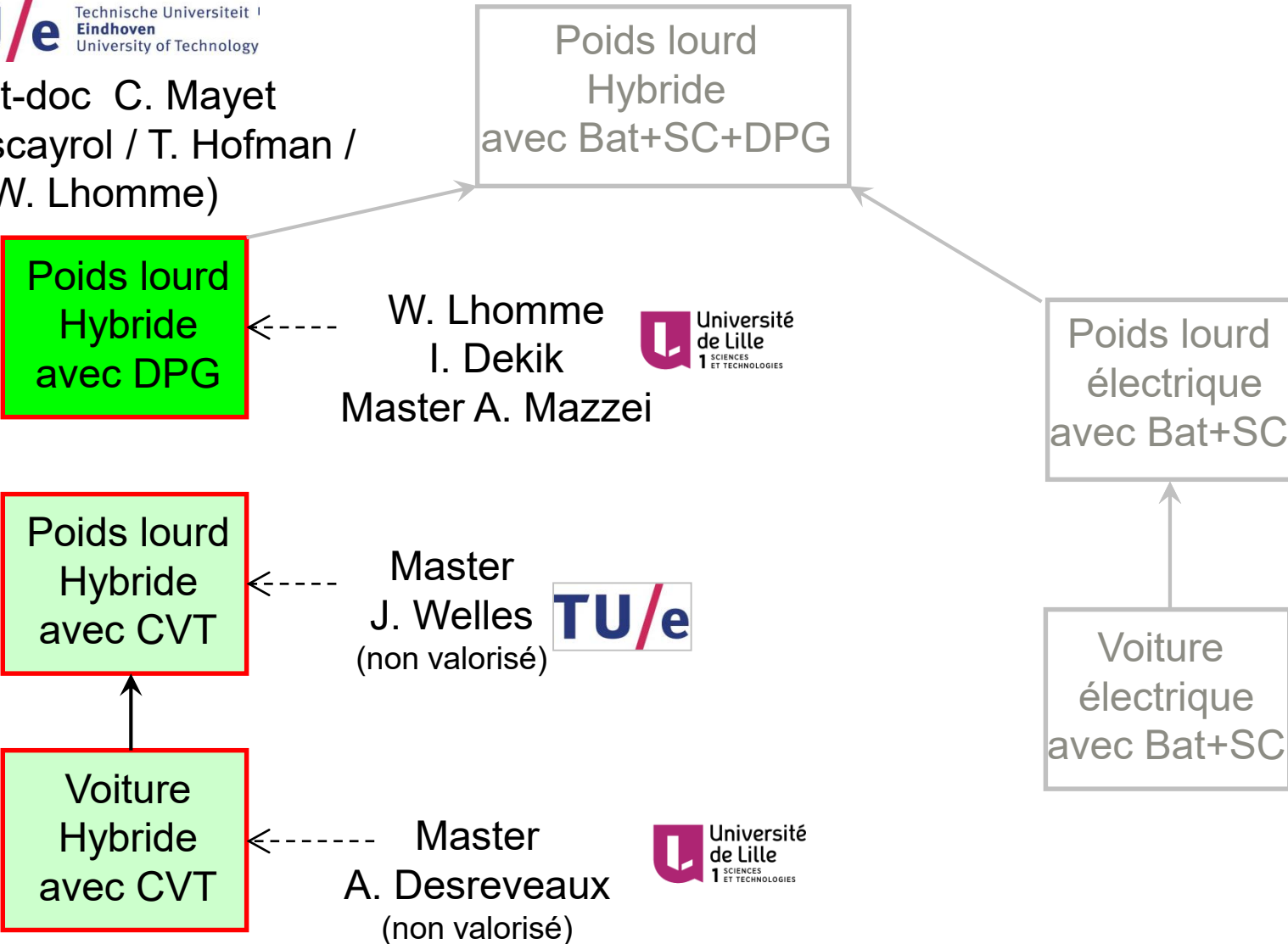
Master
J. Welles
(non valorisé)

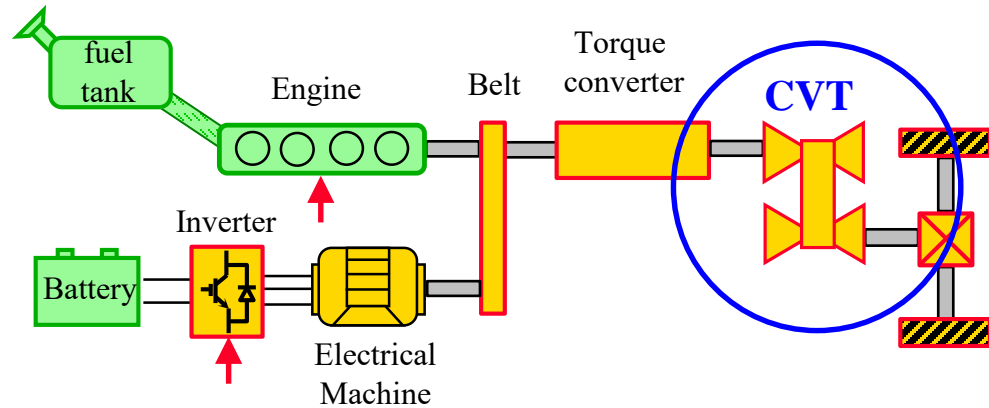


Voiture
électrique
avec Bat+SC

Voiture
Hybride
avec CVT

Master
A. Desreveaux
(non valorisé)



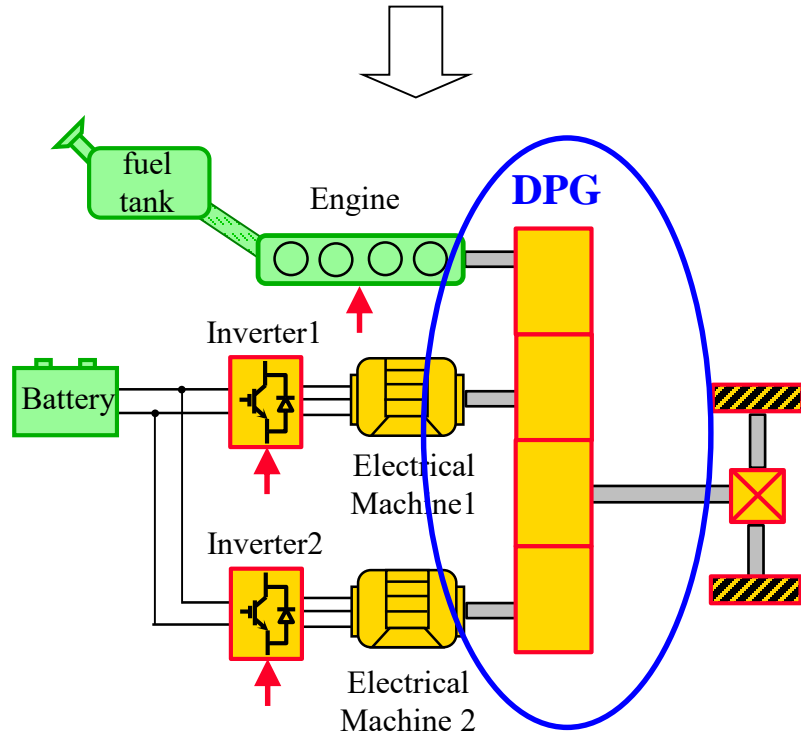


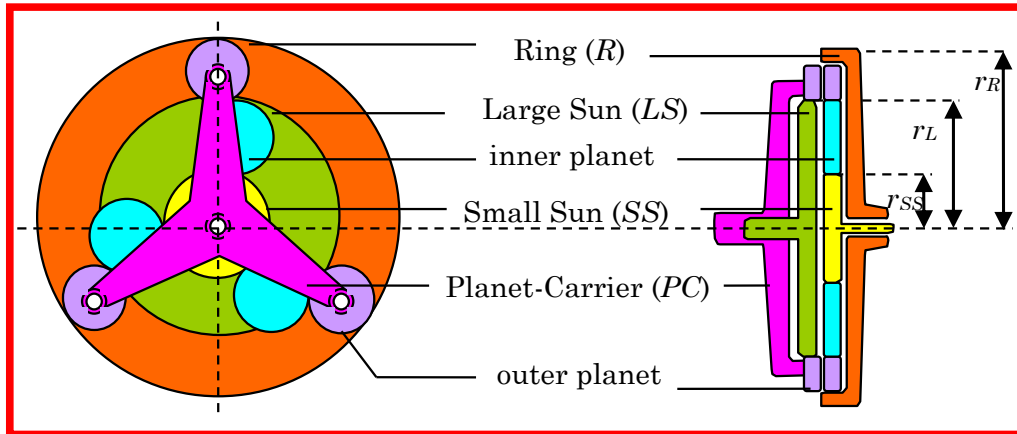
Poids lourd hybride avec CVT

Poids lourd hybride avec DPG (double planetary geartrain)

- 2 machines électriques
- 1 batterie (couplage électrique)
- 1 DPG (couplage mécanique)

plus faible consommation...
... mais commande plus complexe





[NEXTER 2009]

DPG connecte 4 arbres de rotation

donc 4 vitesses différentes

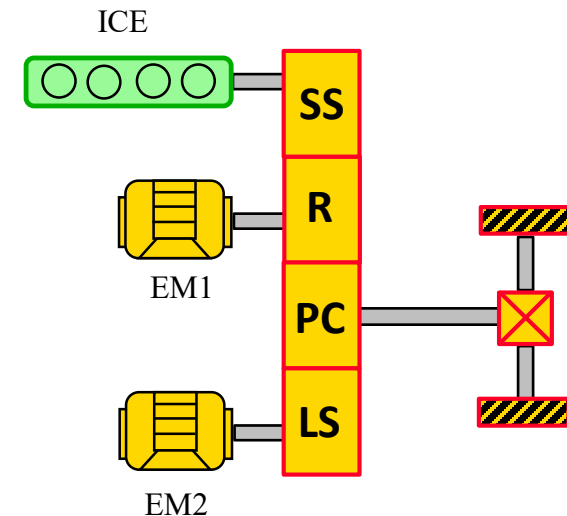
mais

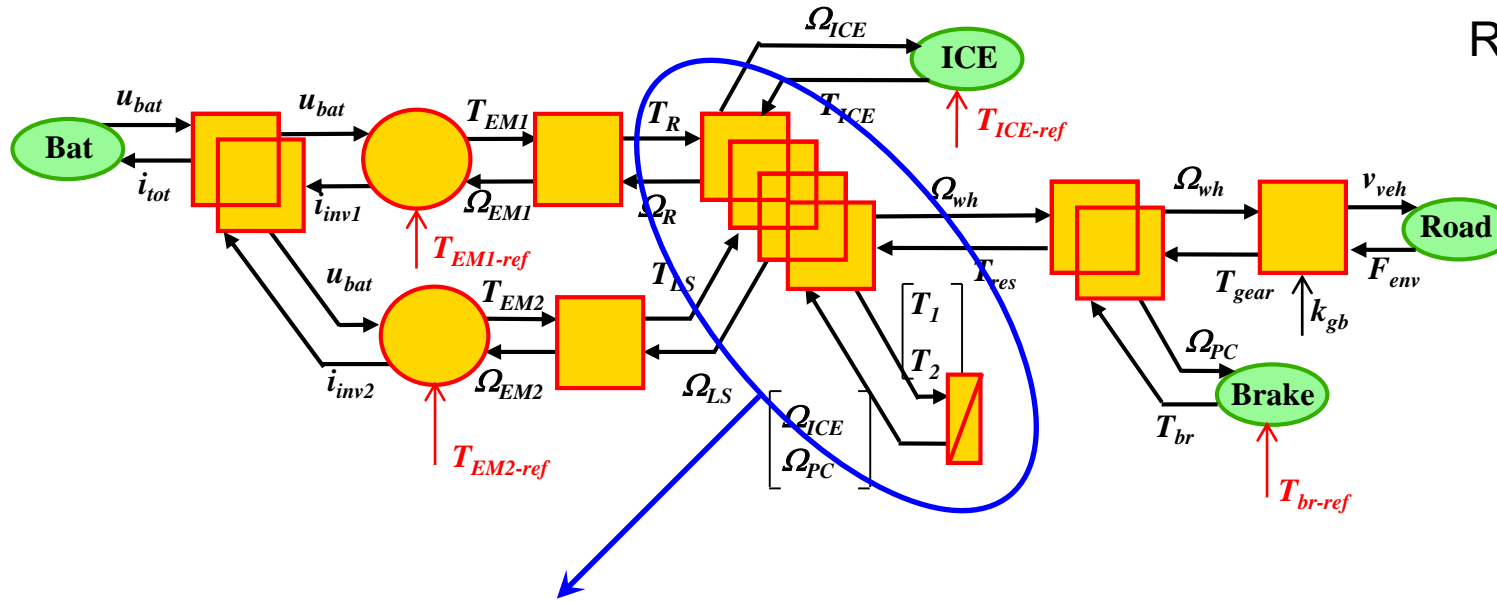
les pignons imposent des relations entre vitesses

Il n'y a que 2 vitesses indépendantes !!

La commande doit vérifier cette contrainte !

Représentation structurelle





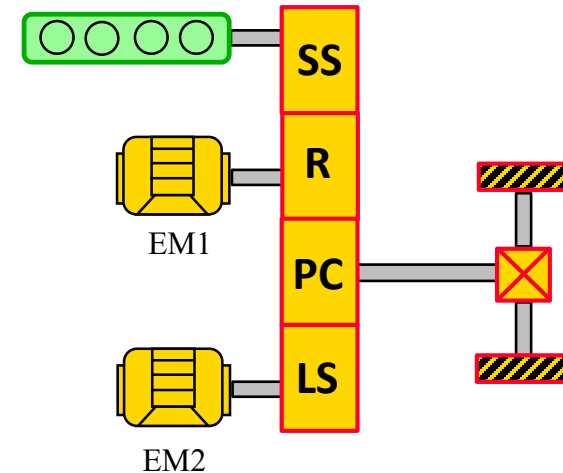
Représentation fonctionnelle

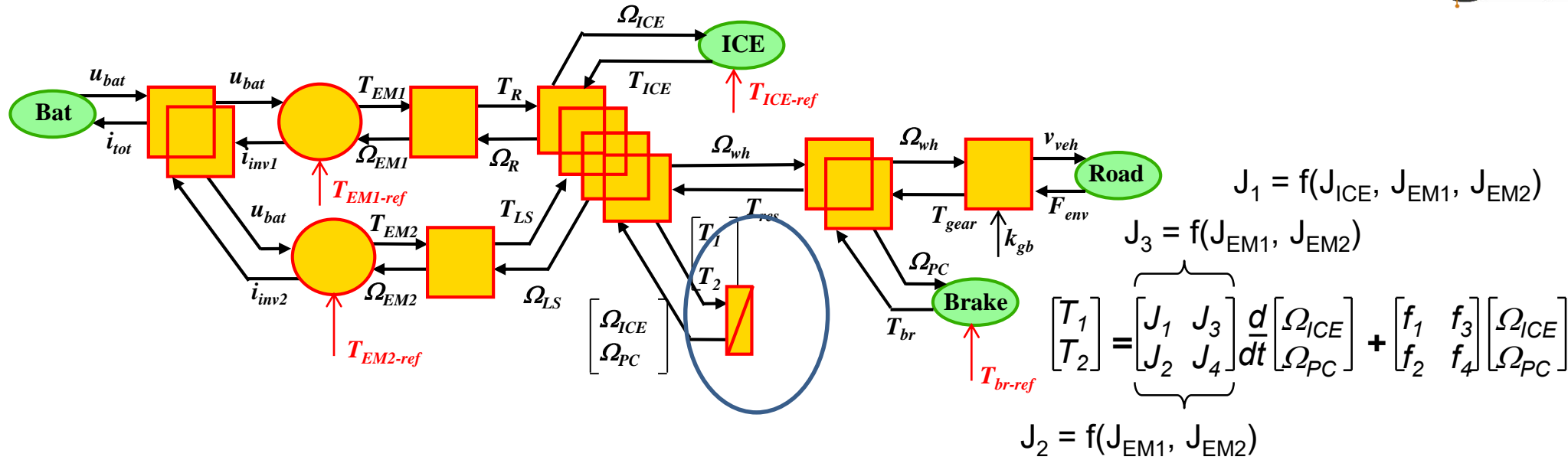
[Syed 2012]

2 variables d'état parmi les 4 vitesses
 2 variables de commande parmi les 4 couples

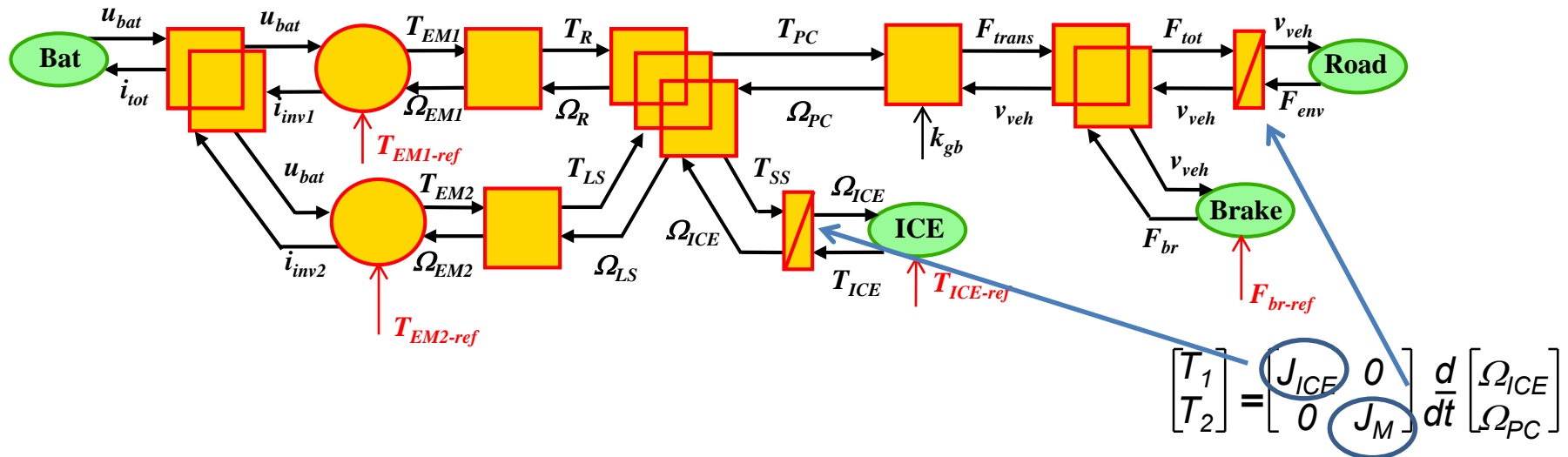
1 choix parmi 36 possibilités :

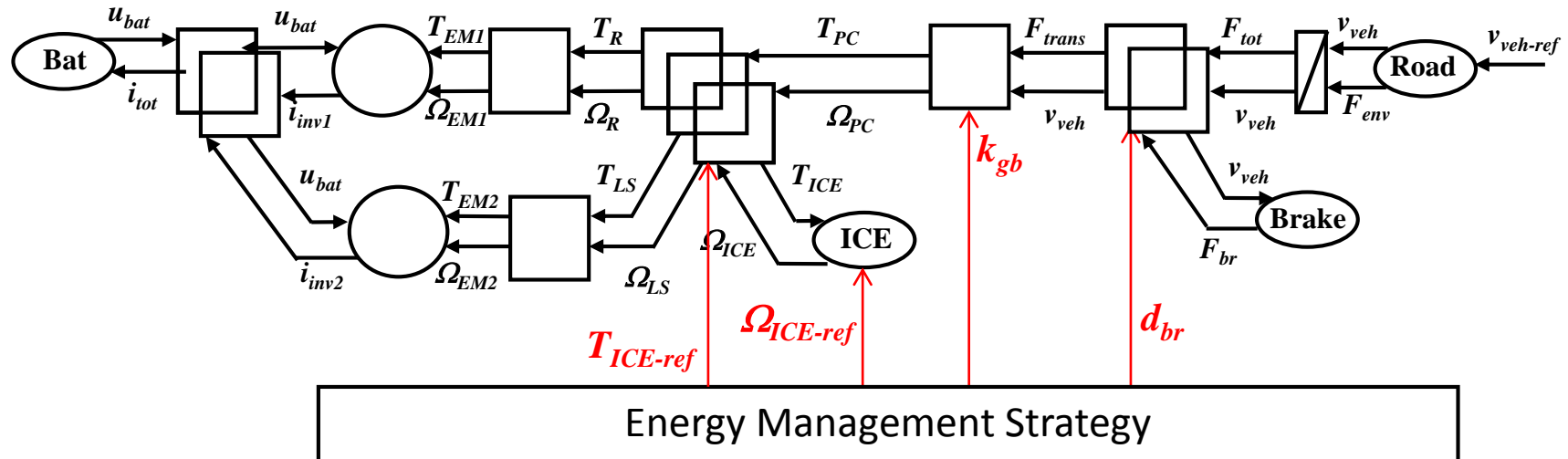
- Vitesse des roues
- Vitesse du moteur thermique
- 2 combinaisons de couples





En terme d'énergie, J_{EM1} , J_{EM2} et $[f]$ peuvent être négligés





Hypothèses:

J_{ICE} négligé / contrôle idéal / profile de vitesse connu à l'avance (calcul par anticipation)

Programmation Dynamique (méthode itérative optimale hors-ligne)

à partir d'un profil de vitesse de référence $v_{veh-ref}$

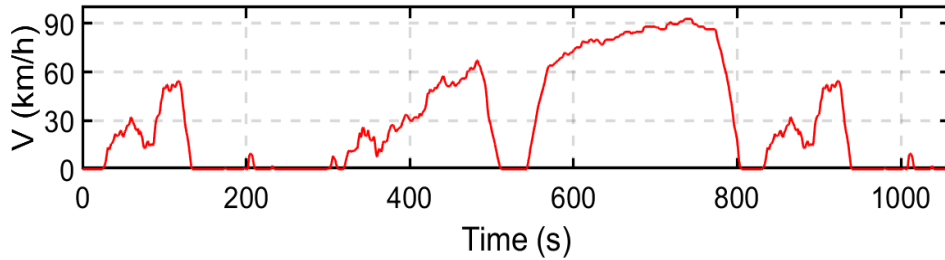
avec une discrétisation temporelle

en testant toutes les possibilités des entrées de commande ($T_{ice-ref}$, $W_{ice-ref}$, k_{gb} , d_{br})

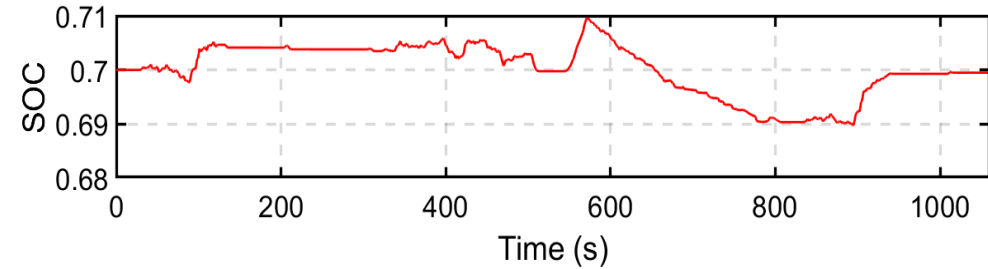
Pour un équilibre de la charge de la batterie ($SOC_{init} = SOC_{end}$)

solution = évolution des entrées de commandes minimisant la consommation

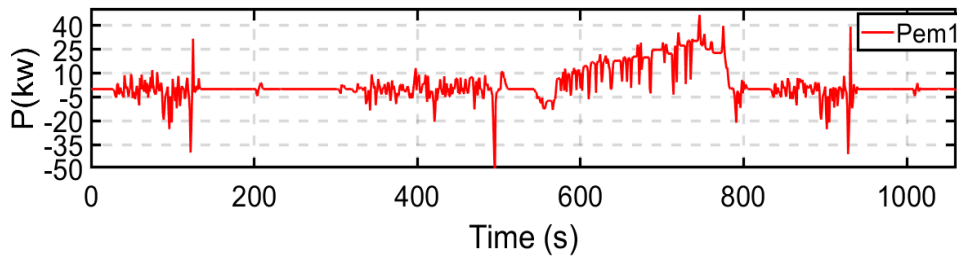
Cycle UDDS



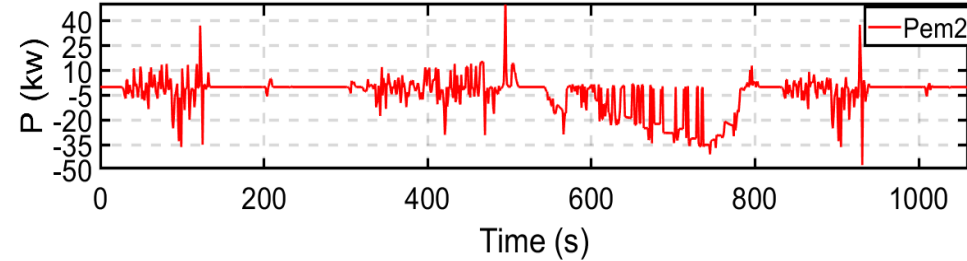
SoC de la Batterie



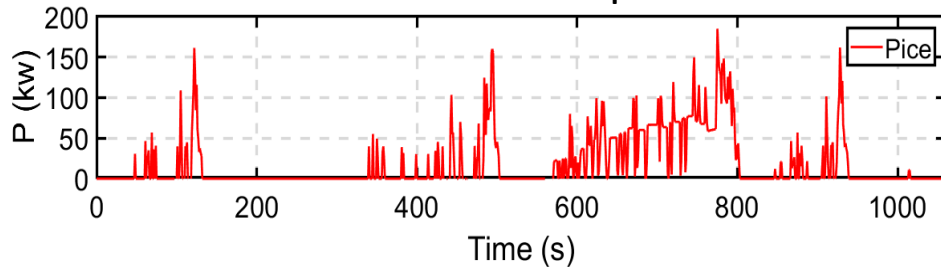
Puissance Machine Electrique 1



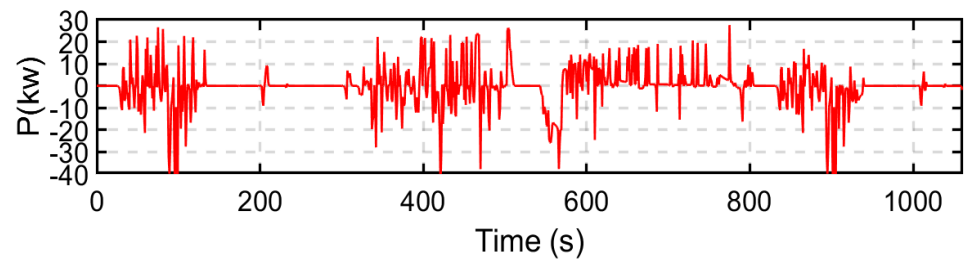
Puissance Machine Electrique 2



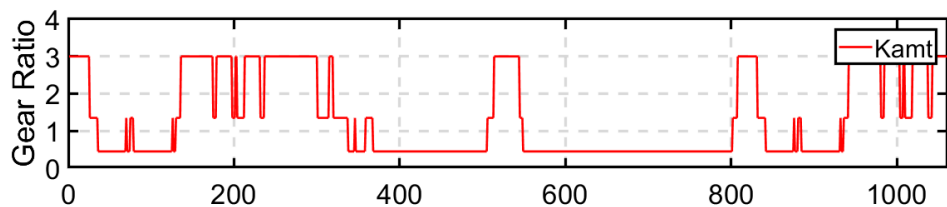
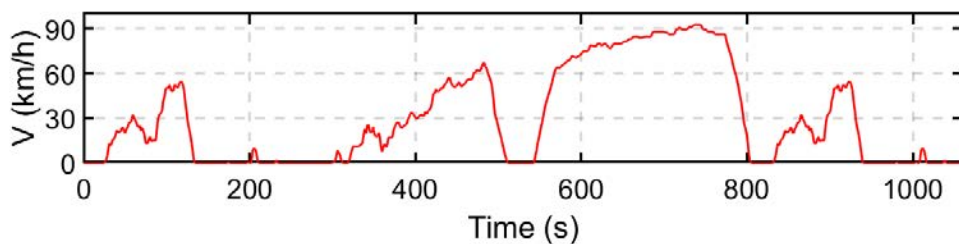
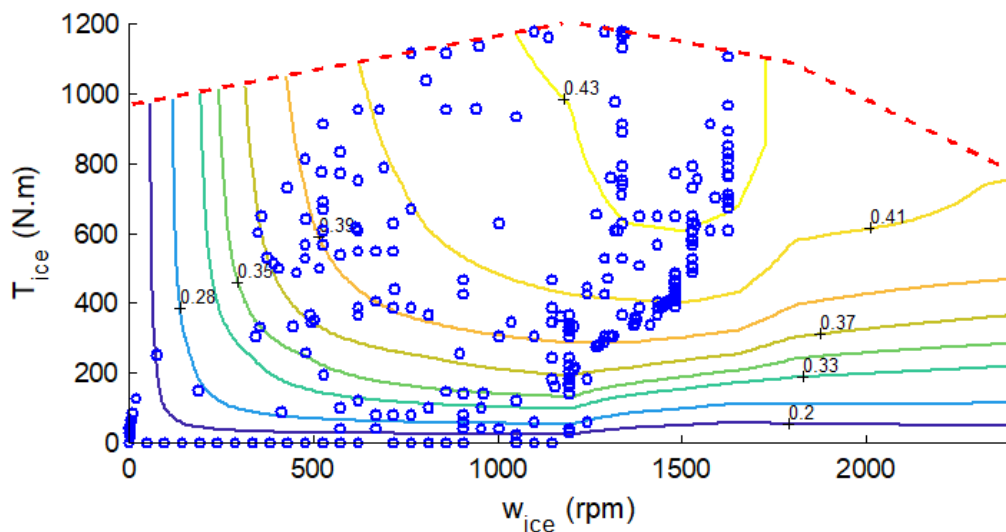
Puissance moteur thermique



Puissance Batterie



Cartographie moteur thermique



← freinage
 ← Faible vitesse
 ← traction

CVT hybrid truck

16,4 l/100km

-10,4 %

DPG hybrid truck

14 l/100km

-23,4 %

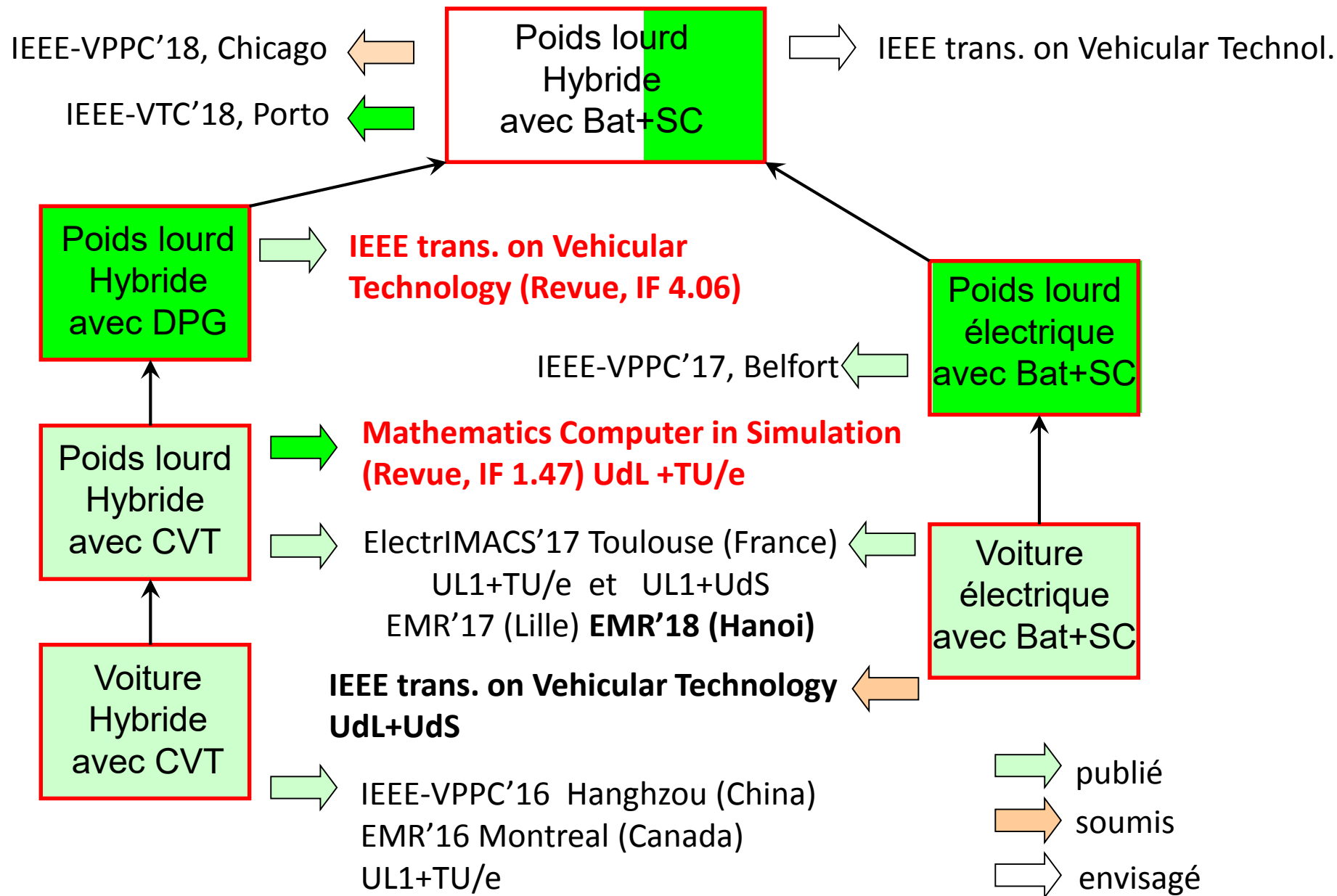
} 2 rapports parmi 4, sont suffisant

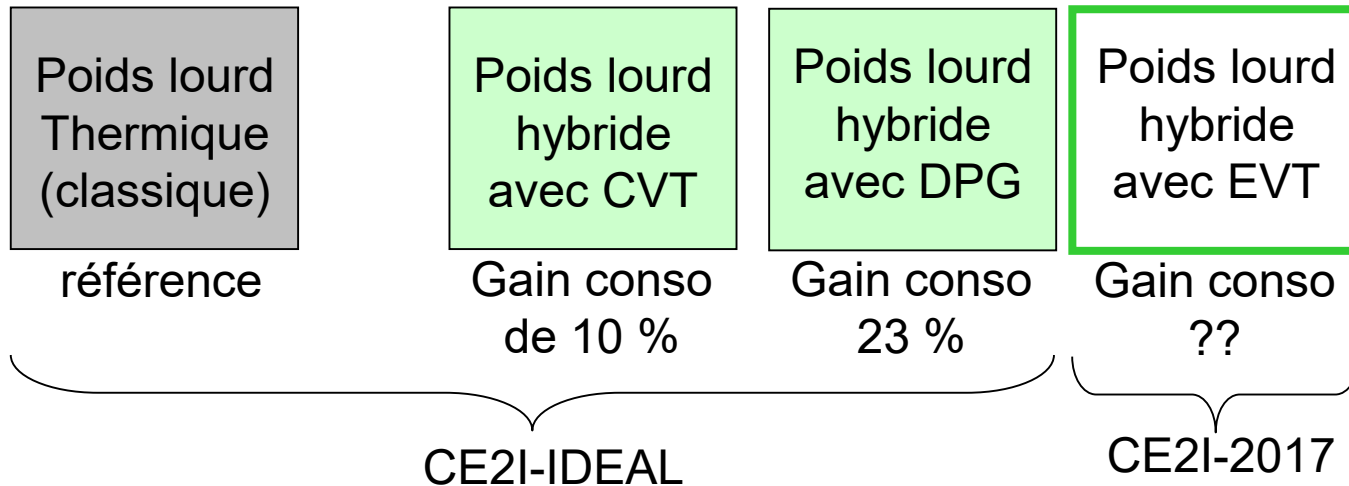
4. Bilan et perspectives

.....

Alain BOUSCAYROL

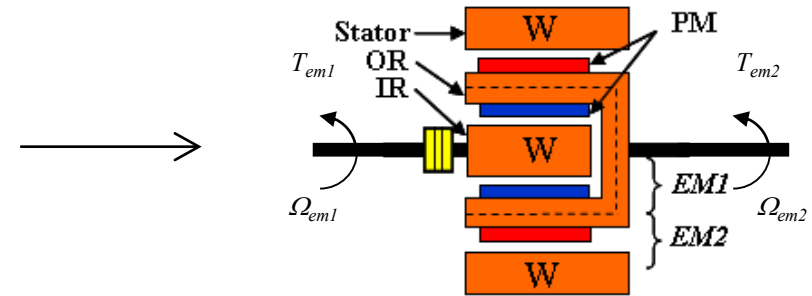






EVT: Electric Variable Transmission

- machine électrique double stator double rotor (plus forte intégration)
- expérience sur application VH (L2EP-MEGEVH)



[Cheng 2011]



哈爾濱工業大學
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

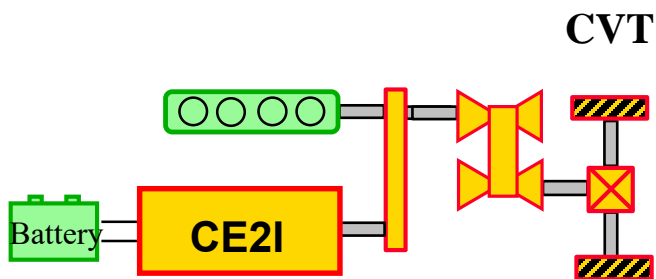
Master co-encadré Univ. Ghent 2018-2019

- dimensionnement EVT pour poids-lourd de référence
- prototype EVT de 50 kW

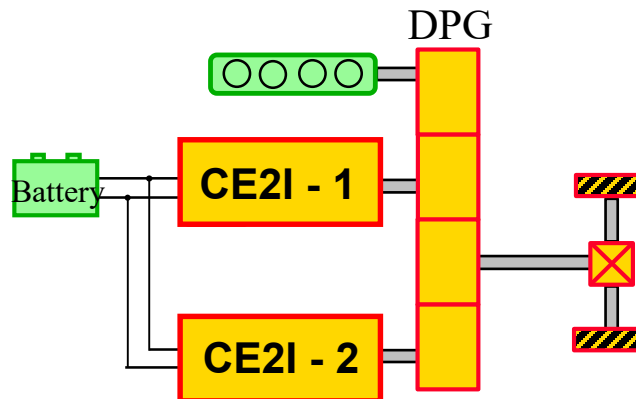
Recrutement Zeitao MA (post-doc) d'HIT

- expertise EVT d'Harbin Institute of Technology (Chine)
- Etude véhicule hybride de référence avec EVT

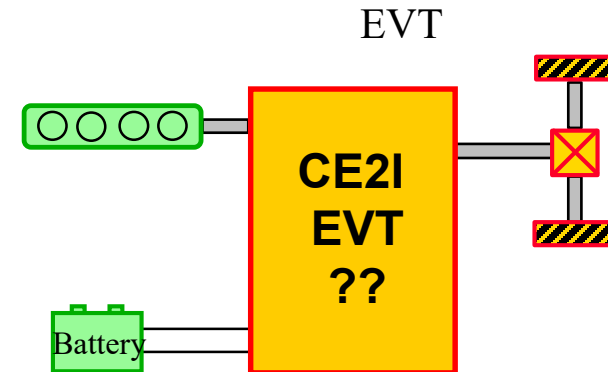
Solution 1 – avec CVT



Solution 2 – avec DPG



Solution 3 – avec EVT



Gain de consommation
avec entraînement CE2I ?

paramètres de
tâches 1, 2, 7



Étude en simulation avec les
paramètre de l'entraînement CE2I



profils de missions
pour tâches 1, 2, 7



convertisseur
d'énergie
**Intégré
Intelligent**

11 juillet 2018 – comité de suivi

T6 – CE2I – IDEAL

Alain BOUSCAYROL – Walter LHOMME

