Tâche 6 – Machines intelligentes interconnectées

Sous-tâche 6.3 – Motorisation hybride

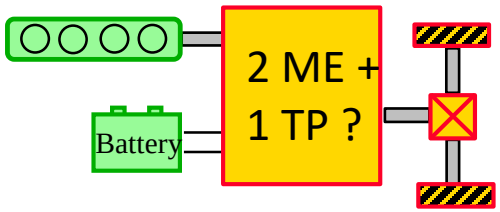
Poids lourd hybride avec EVT : résultats intermédiaires

Walter LHOMME, Alain BOUSCAYROL, Ayoub AROUA

Sous-tâche 6.3 : *motorisation hybride*

- ***Objectif :***

Proposer des motorisations hybrides « série-parallèles » pour poids lourds (1 Mth + 2 ME) à fort rendement, haute fiabilité, forte intégration (CE2I)



- ***Verrous technologiques :***

Hybridation série-parallèle « SPG », la meilleure pour automobiles, mais non adaptée pour poids lourds (compacité, rendement, fiabilité)

- ***État de l'art,*** *3 tendances (non commercialisées de fait)*
  - ✓ USA, « dual mode » rendement fort, inconvénients : coût, compacité, fiabilité
  - ✓ Europe / Asie, « EVT » compacité forte, inconvénients : coût
  - ✓ Europe « DPG » fiabilité forte, compacité moyenne, inconvénients : rendement

Objectif : étude des gains avec convertisseurs CE2I pour poids lourd hybride

Contrainte : le convertisseur CE2I non disponible au début -> études anticipées

Méthodologie :

1. Simulation poids lourds diesel (référence)
2. Simulation poids lourds hybrides S/P **sans CE2I** et gains associés

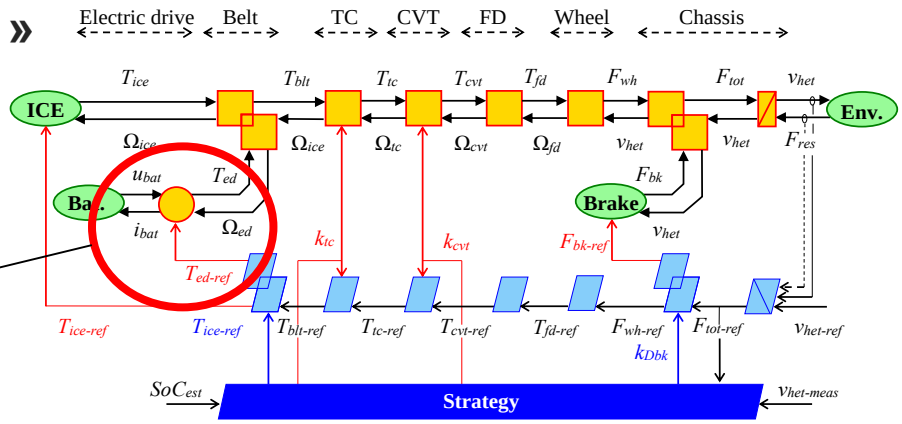
Convertisseur haut rendement (T1)
Machine haute fiabilité (T3)
Prototype CE2I (T7)

Identification modèle

3. Simulation poids lourds hybrides **avec « CE2I »** et analyse des gains supplémentaires

Véhicule de référence de 2002
Nécessité d'une mise à jour

adaptation



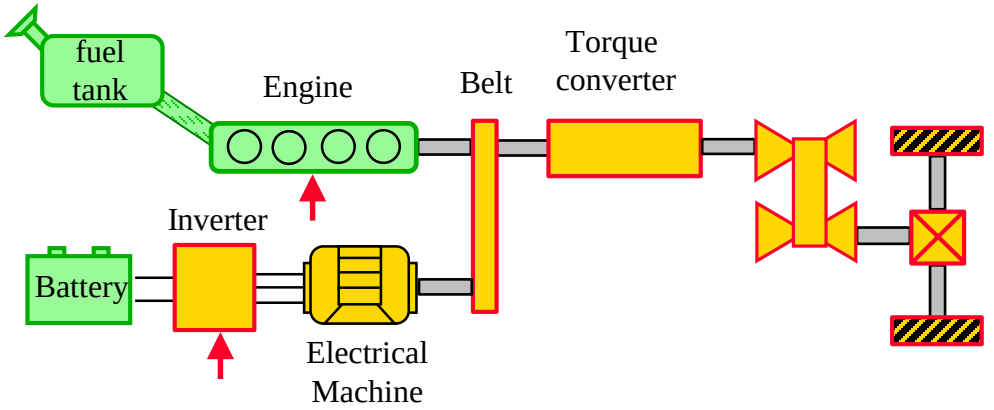
UNION EUROPÉENNE
l'Europe s'engage en Hauts-de-France avec le FEDER
Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Région Hauts-de-France

1. More Relevant Hybrid Truck

.....

UNION EUROPEENNE
l'Europe s'engage en Hauts-de-France avec le FEDER
Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Région Hauts-de-France

Initial Hybrid Truck



Heavy Duty Hybrid truck (urban delivery)

Mass - 7258 kg

IC engine 205 kW

Electrical Machine 58 kW

Parallel HEV proposed by DAF and TU/e based on a diesel truck of 2002

[Hofman 2008]

TU/e Technische Universiteit Eindhoven University of Technology

CE2I: collaboration ULille -TU/e for series-parallel extensions

TU/e L2EP Laboratoire d'électrotechnique et d'électronique de puissance de Lille

[Mayet 2019]

This vehicle is no more up-to-date!
How to select a more relevant truck?

UNION EUROPÉENNE
l'Europe s'engage en Hauts-de-France avec le FEDER
Liberté • Égalité • Fraternité RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Région Hauts-de-France

Heavy-Duty Vehicle CO_2 certification

- Different options for the fuel consumption of entire HDV:
  - chassis dynamometer test
  - on-road test

  → - costly due to various combinations of typologies and topologies
  - poor reproducibility (on-road test)

  - component tests + vehicle simulation
    = **VECTO** (**V**ehicle **E**nergy **C**onsumption calculation **TO**ol) from European Com.

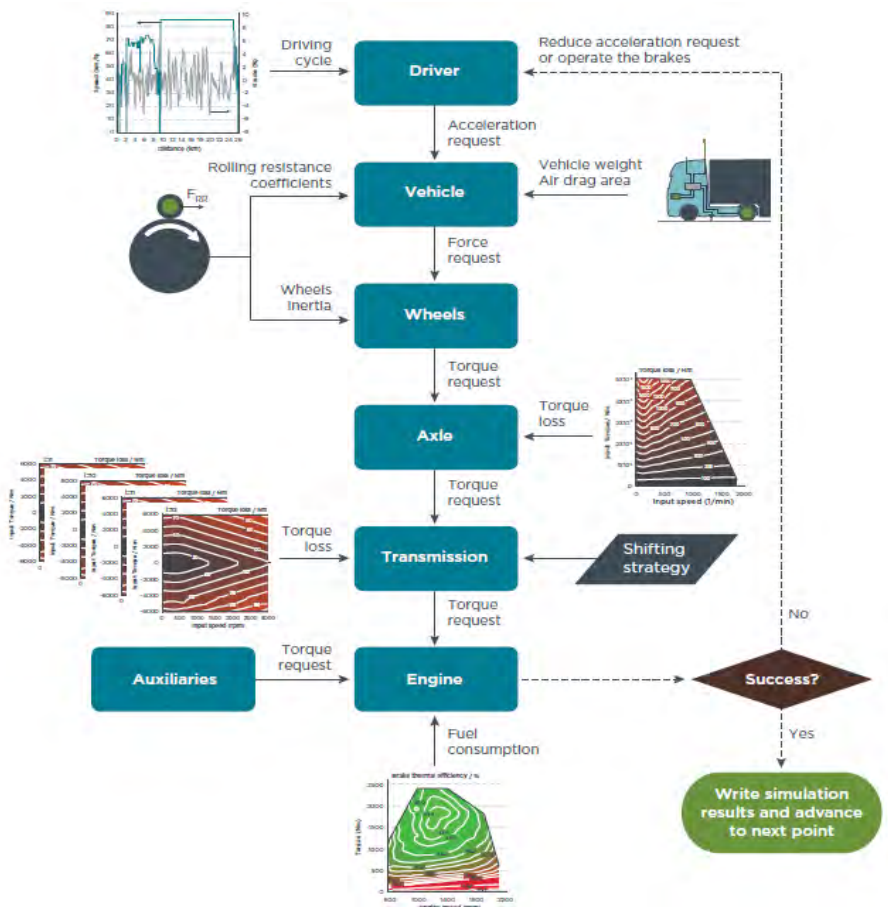
  → - Cost efficient: measured component data can be used in any vehicles
  - Versatility: high reproducibility and flexibility
  - But needs to be updated to cover new technologies, such as electrified vehicles

- VECTO monitors and certifies CO_2 emissions and fuel consumption from HDV
  - started in July 2019 for 4 vehicle groups (among 18), responsible for about 65% to 70% of total HDV CO_2 emissions (weight > 16 t)
  - different driving cycles available: long haul, regional delivery, urban delivery, municipal utility and construction.

[VECTO 18]

Overview of VECTO

VECTO is based on a backward calculation approach (effect-cause method)



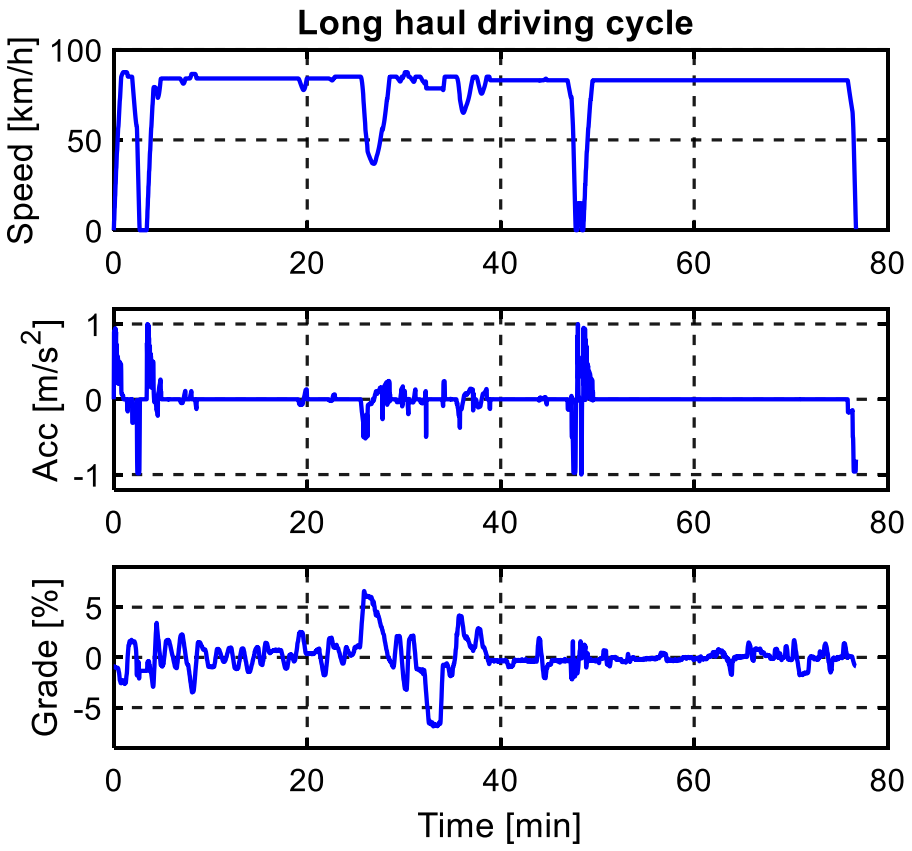
- Current VECTO includes data for 4 generic engine-powered HDV
- These data do not correspond to real vehicles due to confidentiality matters. However, they are realistic data
- Accuracy of VECTO in terms of fuel consumption: ±4 %
- The generic HDV can then be used as benchmark for CE2I

[Fontaras 16]
[Rodríguez 18]

First selected new engine-powered truck

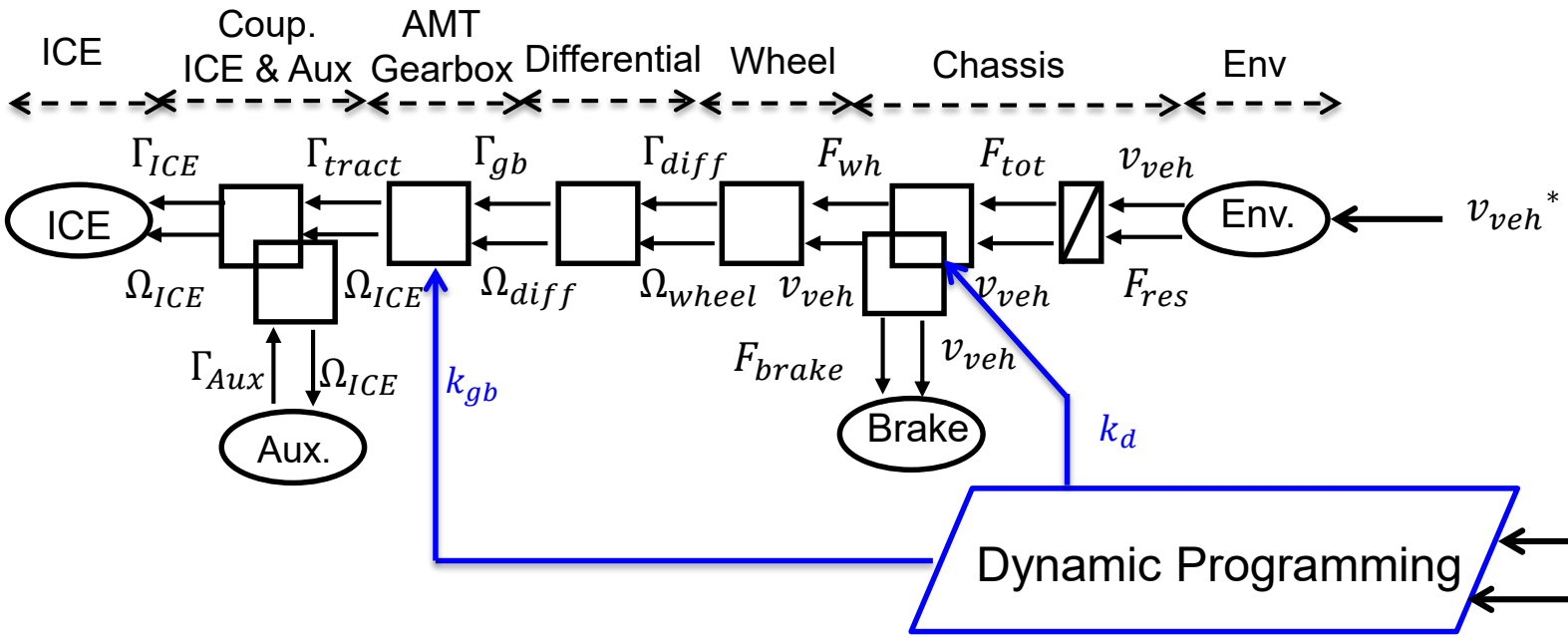
Long-haul heavy duty vehicle

HDV vehicle group	9
Vehicle mass [t]	36.2
Engine model [kW]	324
Gearbox	12-speed AMT
Distance [km]	100
Fuel Consumption [l/100km]	37.38



www.123rf.com

Integration in our EMR-based simulation



EMR-oriented backward description (from effect to cause) with DP

Difference of 2% between VECTO and EMR
The simulation of the new vehicle is sufficiently accurate

2. EVT-based hybrid truck

.....

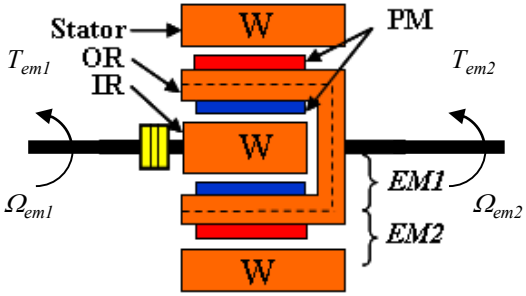
(CE2I programmation 2019)

UNION EUROPEENNE
l'Europe s'engage en Hauts-de-France avec le FEDER
Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Région Hauts-de-France

www.123rf.com

UNIVERSITEIT GENT

哈爾濱工業大學 HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

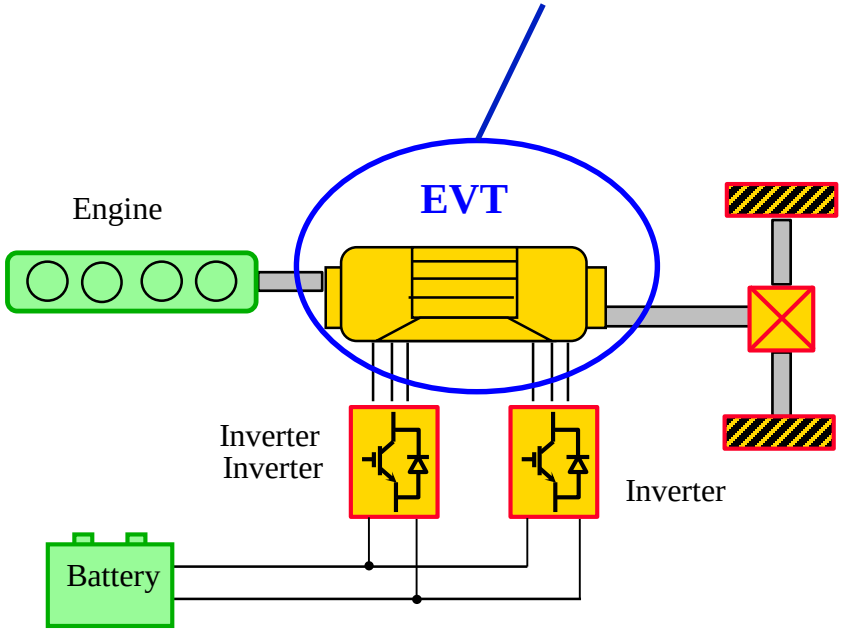


Hybrid heavy-duty vehicle series-parallel configuration using EVT (Electric Variable Transmission)

- 1 stator / double rotor electrical machine
- 1 common battery
- no mechanical transmission

Higher integration, lower consumption (closer to the CE2I drive)…

… more complex control



Heavy-duty HEV with EVT – work steps

www.123rf.com

ON-GOING

heavy-duty HEV for EVT with **thin yoke**

EVOLUTION project (2020)
A. Aroua (MSc) with
W. Lhomme (ULille), F. Verbelen (UGent)

Post-doc CE2I: Zetao MA (2018-2019)
W. Lhomme, A. Bouscayrol

Collaboration HIT (China)
with Pr. S. Cui

heavy-duty HEV for EVT with **thick yoke**

DONE

light-duty HEV for EVT with **thin yoke**

DONE

CRCT: Walter LHOMME (2019)

Collaboration UGhent (Belgium)
with F. Verbelen, P. Sergeant, K. Stockman

www.123rf.com

3. Next steps

.....

UNION EUROPEENNE
l'Europe s'engage en Hauts-de-France avec le FEDER
Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Région Hauts-de-France

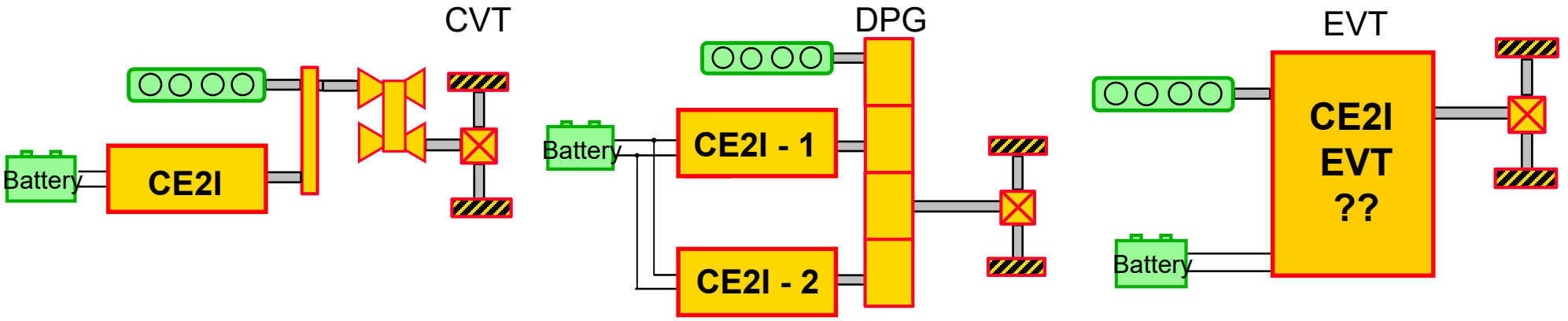
Travaux à venir

A court terme

- véhicule de livraison en utilisant VECTO
- refaire les études précédentes avec le véhicule de référence

A long terme

- gain avec convertisseur CE2I pour poids lourds hybride avec CVT
- gain avec convertisseur CE2I pour poids lourds hybride avec DPG
- convertisseur CE2I « EVT » ? et gain pour poids lourds hybride avec EVT



UNION EUROPEENNE
l'Europe s'engage en Hauts-de-France avec le FEDER
Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Région Hauts-de-France

Bibliography

[Fontaras 16]: Fontaras, G., Grigoratos, T., Savvidis, D., Anagnostopoulos, K., Luz, R., Rexeis, M., & Hausberger, S. (2016). An experimental evaluation of the methodology proposed for the monitoring and certification of CO2 emissions from heavy-duty vehicles in Europe. Energy, 102, 354-364

[Hofman 2008] [7] T. Hofman, M. Steinbuch, R. M. Van Druten and A. F. A. Serrarens, Hybrid component specification optimization for a medium-duty hybrid electric truck, Int. J. Heavy Veh. Syst. 15, Nos. 2/3/4 (2008) 356-392

[Mayet 2019] C. Mayet, J. Welles, A. Bouscayrol, T. Hofman, B. Lemaire-Semail, “Influence of a CVT on the Fuel Consumption of a Parallel Medium-Duty Electric Hybrid Truck", Mathematics and Computers in Simulation, Vol. 158, April 2019, pp. 120-129, (common paper of L2EP Lille and Tech. Univ. Eindhoven, within the CE2I program)

[Rodríguez 18]: Rodríguez, F. (2018). Fuel consumption simulation of HDVs in the EU: Comparisons and limitations. ICCT White Pap.

[Stipetic 16] S. Stipetic, D. Zarko, M. Popescu, “Ultra-fast axial and radial scaling of synchronous permanent magnet machines,” in IET Electric Power Applications, vol. 10, no. 7, pp. 658-666, Aug. 2016.

[VECTO 18] VECTO – Overview, 2018 VECTO Workshop, Ispra, November, 2018, https://ec.europa.eu/clima/sites/clima/files/transport/vehicles/vecto/201811_overview_en.pdf (accessed July 2020).

[Verbelen 20] F. Verbelen, A. Abdallh, H. Vansompel, K. Stockman, P. Sergeant, “Sizing methodology based on scaling laws for a permanent magnet electrical variable transmission,” in IEEE Transactions on Industrial Electronics, vol. 67, no. 3, pp. 1739-1749, March 2020.

Fin de la présentation

UNION EUROPEENNE
l'Europe s'engage en Hauts-de-France avec le FEDER
Liberté • Égalité • Fraternité RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Région Hauts-de-France
L2EP Laboratoire d'électrotechnique et d'électronique de puissance de Lille
LSEE
LAMIH LABORATOIRE D'AUTOMATIQUE DE MECANIQUE ET D'INFORMATIQUE INDUSTRIELLES ET HUMAINES UMR CNRS 8201
URIA Unité de Recherche en Informatique et Automatique
MEDEE Maîtrise Energétique des Entraînements Electriques
Université de Lille
ARTS ET MÉTIERS ParisTech Lille
centralelille
HEI INGÉNIEURS POUR LE MONDE
yncréa
UNIVERSITÉ D'ARTOIS
cnrs
Université Polytechnique HAUTS-DE-FRANCE
Institut Mines-Télécom