Journée de la recherche
Green, Sustainable and Renewable: Current Energy Issues

Intelligence énergétique des véhicules électriques pour une mobilité efficace

-

Energy Intelligence of Electric Vehicles for an Effective Mobility

Sousso Kelouwani, ing. Ph.D
Professeur, génie mécanique
Institut de recherche sur l'hydrogène
Université du Québec à Trois-Rivières
Sousso.kelouwani@uqtr.ca

Plan

- Introduction
- Gestion optimisée de l'énergie d'un véhicule électrique sur un long trajet
- Prolongateurs d'autonomie à faible impact écologique
- Étude de cas: camion utilitaire batterie-hydrogène (vidéo)
- Conclusion

Introduction: Institut de recherche sur l'hydrogène

Station de remplissage d'hydrogène + station de recharge de batterie + Production d'hydrogène et d'électricité avec énergie renouvelable

Équipe:
Sousso Kelouwani
Loïc Boulon
Yves Dubé
Kodjo Agbossou
Richard Chahine

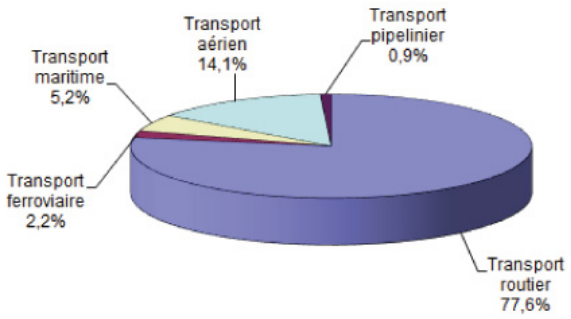
1ère station hybride (4 bornes électriques + hydrogène) au monde

Introduction: utilisation de l'énergie fossile au Québec

Répartition de la consommation finale de produits énergétiques par secteur, 2013

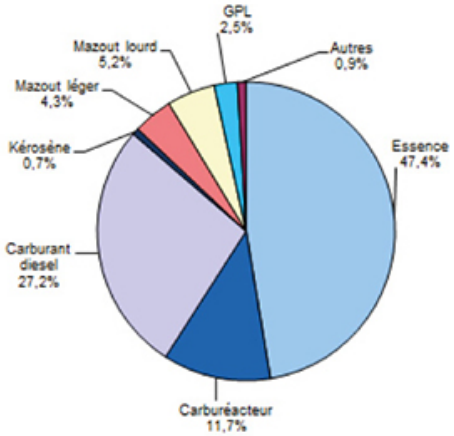
Bilan énergétique 2013:
39.3% de l'énergie totale consommée provient du pétrole

Source : Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles



Sources : Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles et Statistique Canada

Répartition de la consommation finale des produits pétroliers énergétiques, 2013

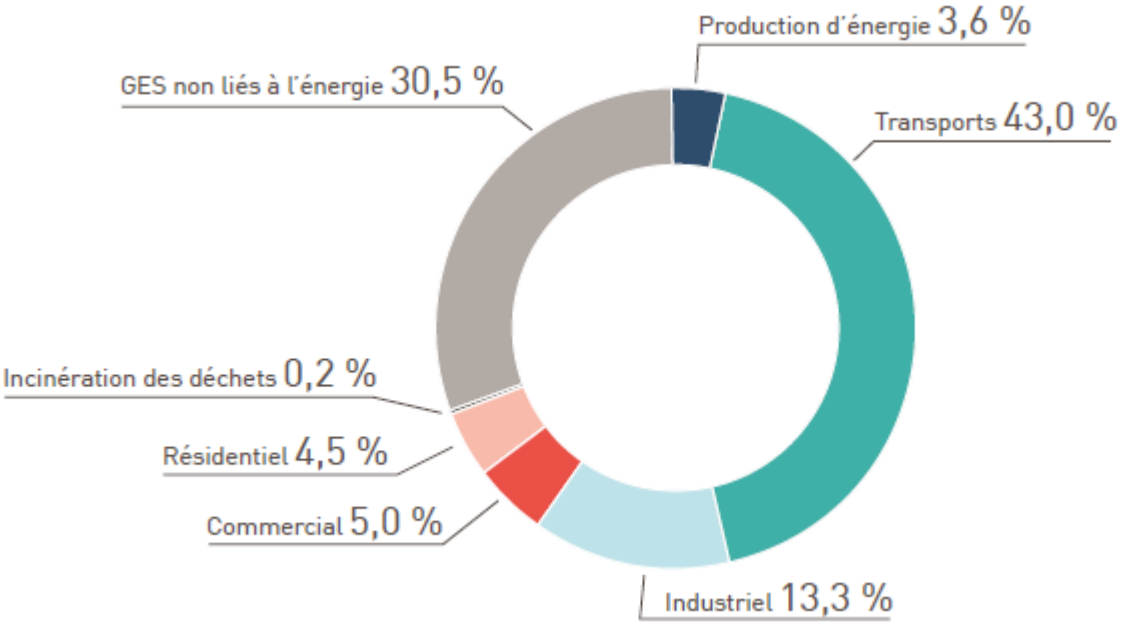


Importation des hydrocarbures: plus 15 milliards de dollars!

Source : Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles et Statistique Canada

Introduction: émission des gaz à effet de serre

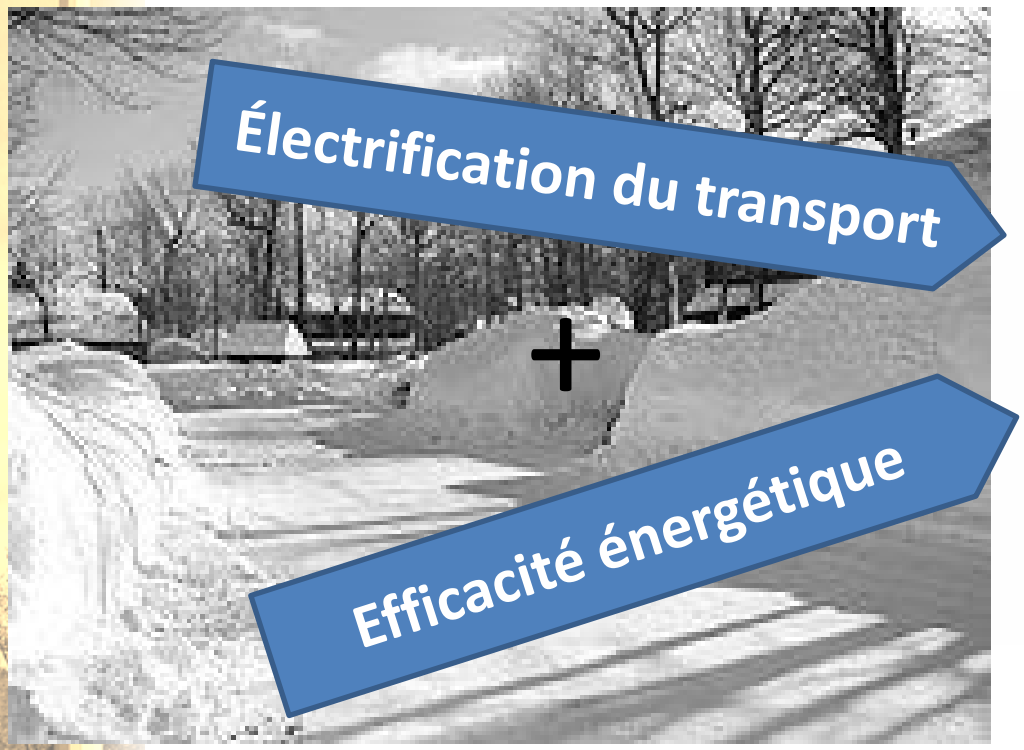
- Émission des GES par secteur d'activité en 2013



Source: Politique énergétique du Québec

Introduction: réduire la consommation des énergies fossiles

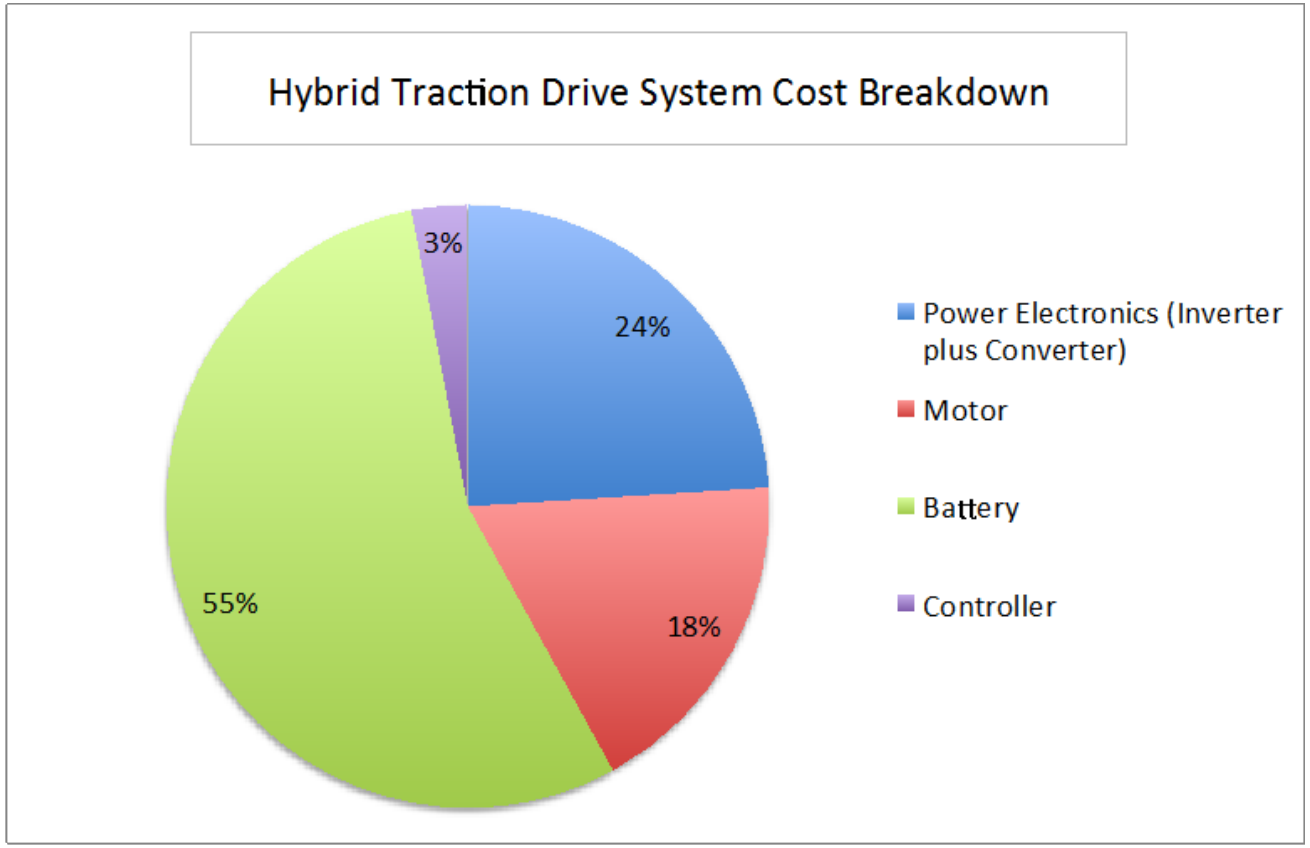
Deux possibilités de réduire la dépendance aux sources d'énergies fossiles…en tenant compte du froid



https://www.linkedin.com/pulse/20141008115047-269904646-global-electric-vehicle-industry

Introduction: traction électrique et coûts

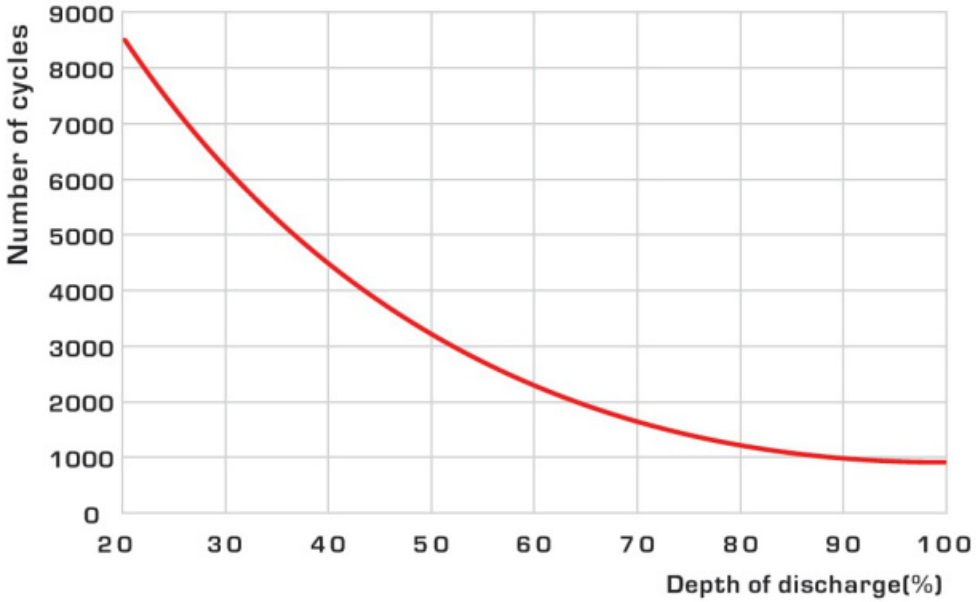
- Les batteries représentent aujourd'hui une partie importante du coût



http://tec.ieee.org/newsletter/december-2013/electric-drive-power-electronics-an-overview

Durée de vie des batteries

- Profondeur de décharge (Depth of Discharge - DOD): composante importante



Typical cycle life versus DOD(20℃)

Utilisation recommandée:
Maximum DOD: 80%
Minimum DOD: 10%

Comment gérer l’énergie sur un long trajet, préservant la durée de vie des batteries?

Préserver la durée de vie des batteries

- Pour un long trajet
  - S'arrêter trop souvent pour recharger les batteries:
    - Non pratique
    - Durée totale de déplacement allongée
  - S'arrêter le moins souvent pour la recharge:
    - Décharge profonde
    - Effets négatifs sur la durée de vie

- Trouver un compris entre:
  - Réduction du DOD
  - Temps total du trajet

- Deux possibilités:
  - Planification optimisée des périodes de recharges
  - Utilisation de prolongateurs d'autonomie

Planification optimisée de la recharge en route

- Avec système de télémétrie véhicule (véhicule connecté)
  - Le trajet est connu
  - La position des bornes de recharge est connue
- L'autonomie énergétique du véhicule est connue
- À chaque instant:
  - Prédiction de l'énergie requise pour atteindre la destination
    - En estimant les paramètres d'influence
    - En prédisant le cycle de vitesse
    - En prédisant le trafic et les conditions routières
  - Optimisation multicritère
    - Critère de minimum du temps total du trajet
    - Critère de minimum de DOD

Principaux facteurs d'influence de la consommation énergétique: approche système

Facteurs extrinsèques

1- Style de conduite, trafic

2- Topologie de la route

3- Traînée aérodynamique

4- Température (climat)

5- Résistance au roulement

Facteurs intrinsèques

6- Type de train de propulsion

7- Masse

8- Gestion des sources

Estimation de la masse, de la résistance au roulement, de la force de trainée…

Planification des périodes de recharge

Inclinomètre

Puissance totale

Autres caractéristiques physiques

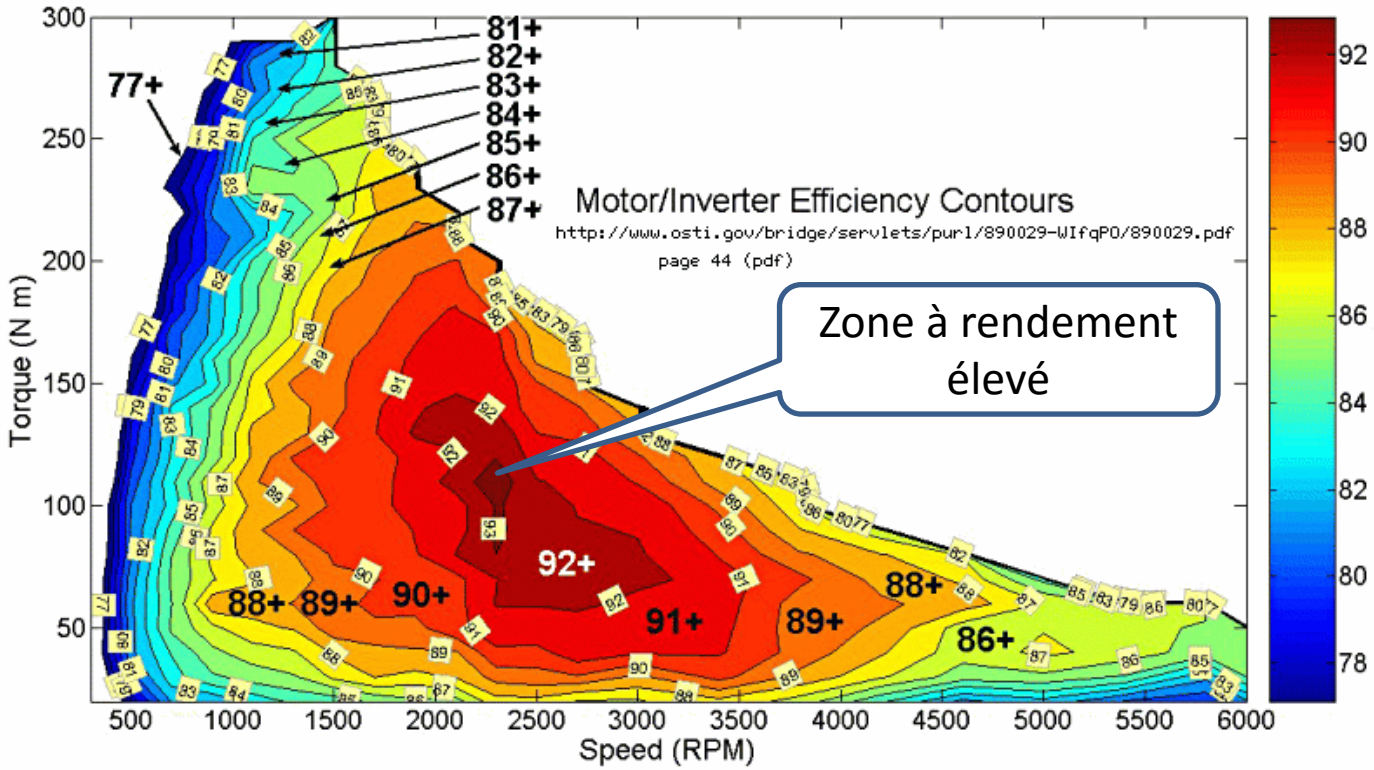
Estimation en temps-réel de la masse, de la résistance au roulement, …

Optimisation multicritère

Prédiction de l'énergie requise pour atteindre la destination

Optimisation globale pour les véhicules intelligents

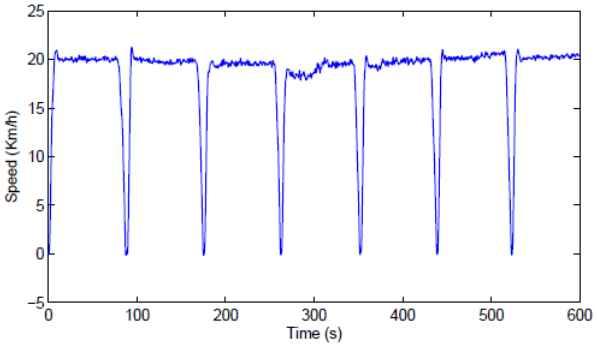
- Identification de la zone à rendement maximal (groupe motopropulseur)
- Utilisation des **estimations des composantes** de la consommation afin de **contraindre le groupe motopropulseur** à opérer proche de la **zone d'efficacité maximale**.



Étude de cas: campus de l'UQTR

Circuit de 1km au campus de l'UQTR

Camionnette électrique



Cycle de vitesse

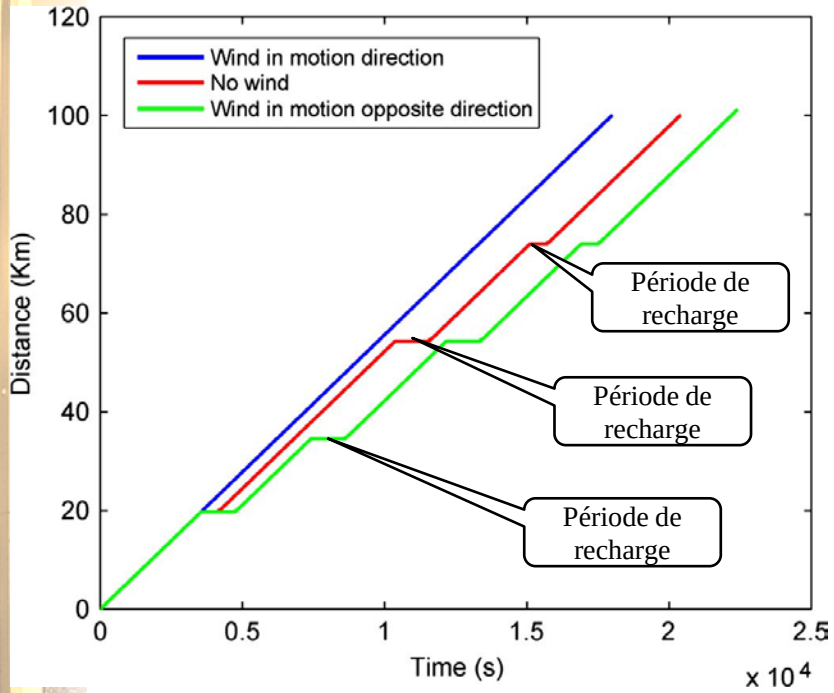
Étude de cas: planification optimisée des périodes de recharge

Scénario

Trajet de 100 km

4 emplacements de bornes de recharge connus

Autonomie des batteries: 10 kWh



Simulation de l'effet de forts vents sur la planification

Vitesse relative du vent = 0m/s

Stratégie de référence: Faire un long arrêt au dernier point de recharge pour recharger les batteries (DOD max = 80%, temps =6.03h)

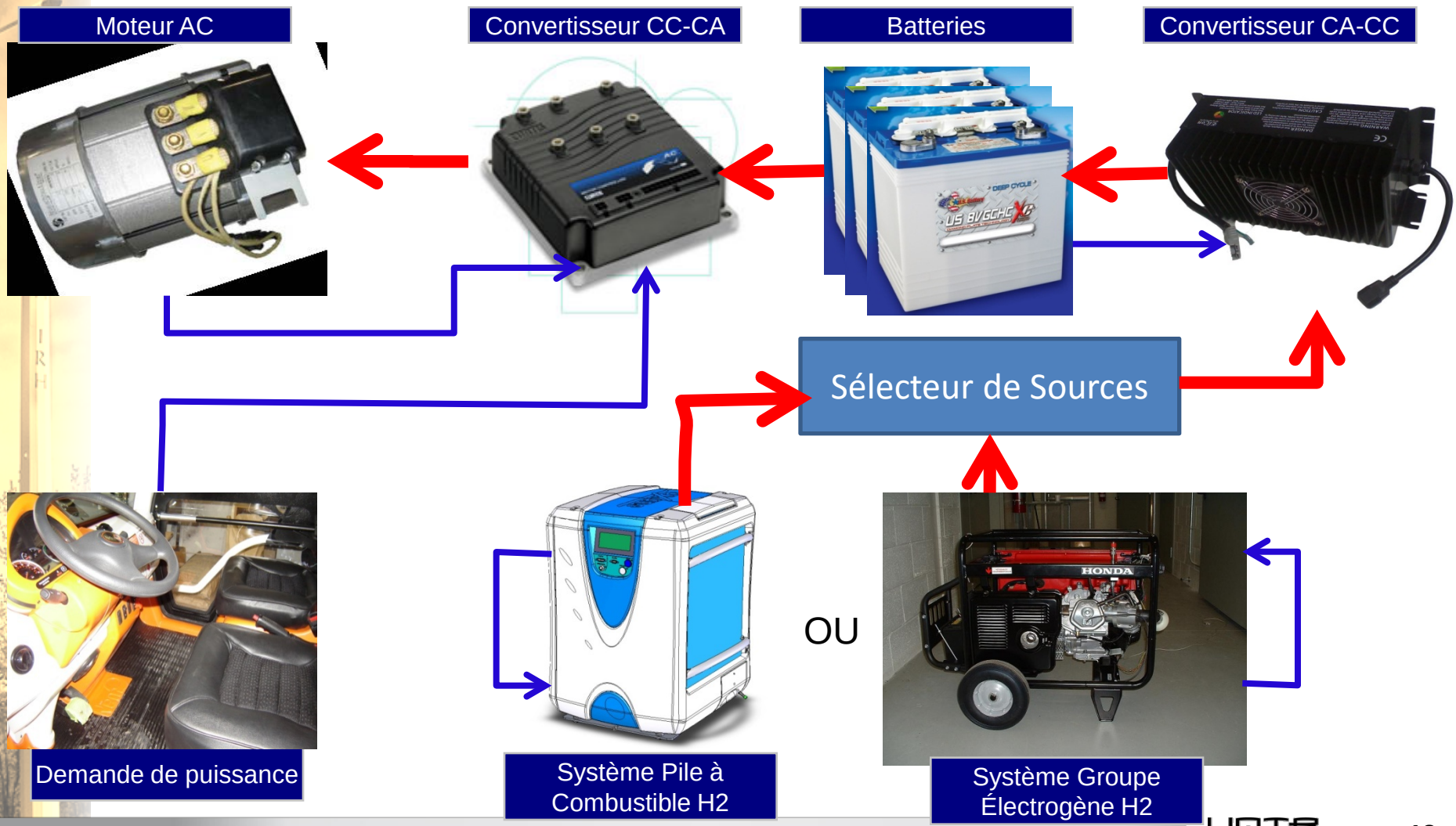
Stratégie optimisée: Faire 3 petits arrêts pour la recharge (DOD max = 50%, temps =5.67h)

Réduction de DOD max de 30% sur 100km

Réduction du temps total de 5%

Stratégie optimisée de recharge avec prolongateur d’autonomie

Architecture de véhicule électrique avec prolongateur d'autonomie



Prolongateur d'autonomie à faible impact écologique

Véhicule à batterie

+

Pile à combustible

+

Réservoir d'hydrogène

Véhicule hybride à pile à combustible

Prolongateur d'autonomie:

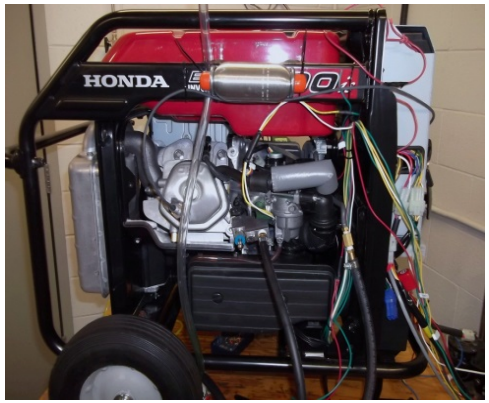
10g-13g d'hydrogène par km supplémentaire!

Prolongateur d'autonomie à faible impact écologique

Véhicule à batterie

+

Génératrice H2-Essence



+

Réservoir d'hydrogène

Véhicule hybride avec génératrice

Avantages:

- Pas de temps d'arrêt pour recharge
- DOD peut être considérablement réduit

Inconvénient:

- Coût de l'hybridation potentiellement élevé

Vidéo: prolongateur d’autonomie à génératrice à l’hydrogène

Conclusion

- La gestion de l'énergie d'un véhicule à batterie sur un long trajet présente des défis lorsque l'autonomie énergétique est limitée:

- Grâce à l'optimisation multicritère, il est possible de trouver un compromis entre:
  - *Le temps total du trajet (incluant les temps de recharges)*
  - *La profondeur de décharge (affecte la durée de vie des batteries)*

- Les prolongateurs d'autonomie à faible impact écologique contribuent:
  - *À réduire la profondeur de décharge*
  - *À réduire le temps du trajet*

Merci aux partenaires

Volt-Age inc.

Énergie et Ressources naturelles Québec

Fonds de recherche Nature et technologies Québec

CRSNG NSERC

Hydro Québec

Air Liquide creative oxygen

Mitacs Globalink

UQTR Savoir. Surprendre.

Merci!

Sousso Kelouwani, ing., Ph.D.
Professeur
Département de génie mécanique
Institut de Recherche sur l'Hydrogène (IRH)
Université du Québec à Trois-Rivières
3351 Boulevard Des Forges
Trois-Rivières, Québec
G9A5H7, Canada
Local: 1416C, L.P.
Téléphone: 819-376-5011 ext. 3948
Télécopieur: 819-376-5152
Courriel: sousso.kelouwani@uqtr.ca