



Gestion de l'énergie dans les véhicules hybrides

7 et 9 Juin 2022

Bruno JEANNERET : bruno.jeanneret@univ-eiffel.fr

Driss LARAQUI : driss.laraqui@univ-eiffel.fr

Gestion d'énergie dans les véhicules hybrides

UGE-bron – 2022/06/02

Bruno Jeanneret, Driss Laraqui, Emmanuel Vinot, Sylvain Gillet



Université
Gustave Eiffel

Gestion d'énergie dans les véhicules hybrides

[Lois de gestion : Rappel](#)

[Gestion optimale de l'énergie](#)

[Programmation dynamique - théorie et principe](#)

[Programmation dynamique - Application au véhicule hybride](#)

[Méthodologie pour élaborer des stratégies en ligne](#)



Lois de gestion : Rappel

Visualiser et analyser la vidéo sur la gestion de l'énergie



Lois de gestion : Rappel

Construire un algorithme à base de règles expertes pour imaginer ce que serait une bonne loi de gestion de l'énergie



Lois de gestion : Rappel

Lois empiriques :

Avantages ; elles sont empiriques :



- Relativement simples
- Faciles à implémenter sur un véhicule

Inconvénients ; elles sont empiriques :



- Nécessitent de nombreux paramètres de réglages, mise au point laborieuse
- Sont elles performantes = pourrais t'on consommer moins avec des lois plus performantes ?

⇒ *Comment consommer le moins possible en optimisant la gestion d'énergie?*

Gestion optimale de l'énergie

🧑 Qu'est ce que c'est ? :

Des méthodes mathématiques

Minimise une consommation de carburant sur un cycle connu en respectant un état de charge final de la batterie.

🧑 Pourquoi ? :

Valider les lois empiriques

Faire du dimensionnement des systèmes

Les appliquer en ligne (plus optimales mais ...)

🧑 Comment ? :

Programmation dynamique

Calcul variationnel

Autres

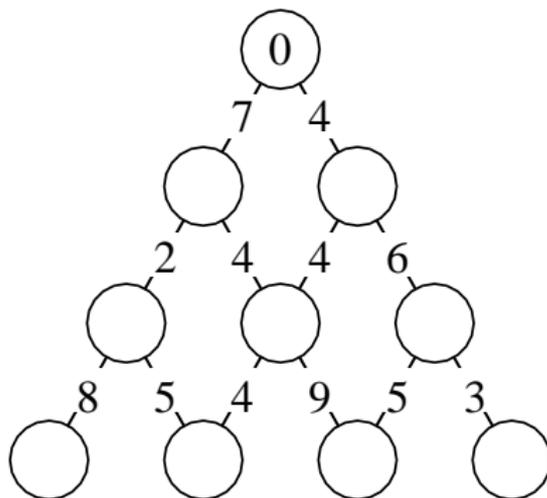
Programmation dynamique - théorie et principe

Repose sur le Principe d'optimalité de Bellman

Dans un processus d'optimisation dynamique, une suite de décisions est optimale si, quel que soient l'état et l'instant considérés sur la trajectoire qui lui est associée, les décisions ultérieures constituent une suite optimale de décisions pour le sous-problème ayant cet état et cet instant comme conditions initiales.

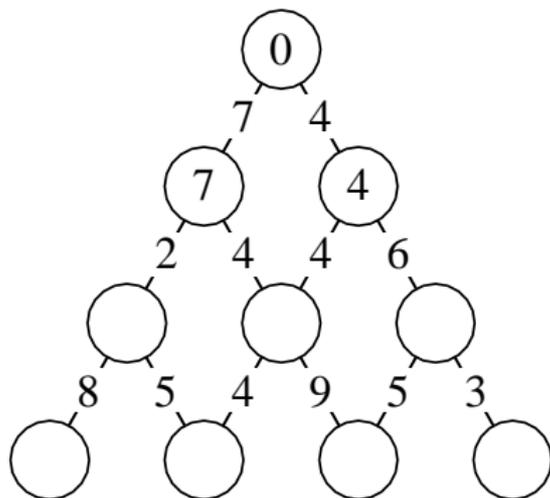
Programmation dynamique - théorie et principe

Méthode de graphe - Illustration sur un exemple



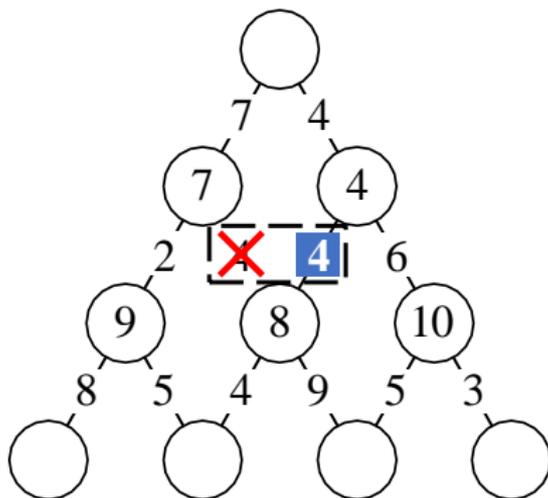
Programmation dynamique - théorie et principe

Méthode de graphe - Illustration sur un exemple



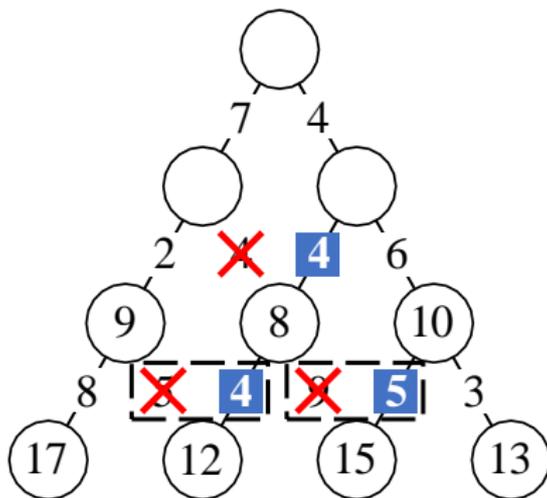
Programmation dynamique - théorie et principe

Méthode de graphe - Illustration sur un exemple



Programmation dynamique - théorie et principe

Méthode de graphe - Illustration sur un exemple



Programmation dynamique - théorie et principe

pour un graphe à n niveaux :

Solution naïve - évaluer tous les chemins : $2^n - 2$ calculs

Résolution itérative de la PD : $n * (n - 1)$ calculs



Programmation dynamique - Application au véhicule hybride

Je veux minimiser sur un **cycle de conduite** une consommation : **coût des arcs**
en jouant sur le courant batterie (choix elec-hybride) donc son état de charge : **trajectoire SoC en fonction du temps**
et en respectant une contrainte sur cet état de charge : **points de départ et d'arrivée**

Programmation dynamique - Application au véhicule hybride

La programmation dynamique : application aux véhicules hybrides :

Je veux minimiser sur un **cycle** une consommation : **coût des arcs**

en jouant sur le courant batterie (choix elec-hybride) donc son état de charge : **trajectoire SoC en fonction du temps**

et en respectant une contrainte sur cette état de charge : **points de départ et d'arrivé**



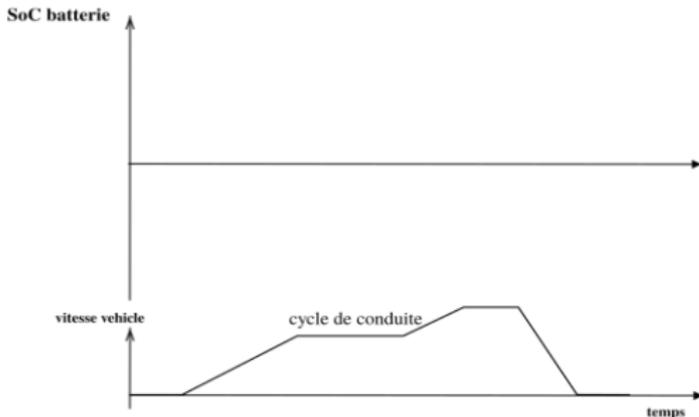
Programmation dynamique - Application au véhicule hybride

La programmation dynamique : application aux véhicules hybrides :

Je veux minimiser sur un **cycle** une consommation : **coût des arcs**

en jouant sur le courant batterie (choix elec-hybride) donc son état de charge : **trajectoire SoC en fonction du temps**

et en respectant une contrainte sur cette état de charge : **points de départ et d'arrivé**



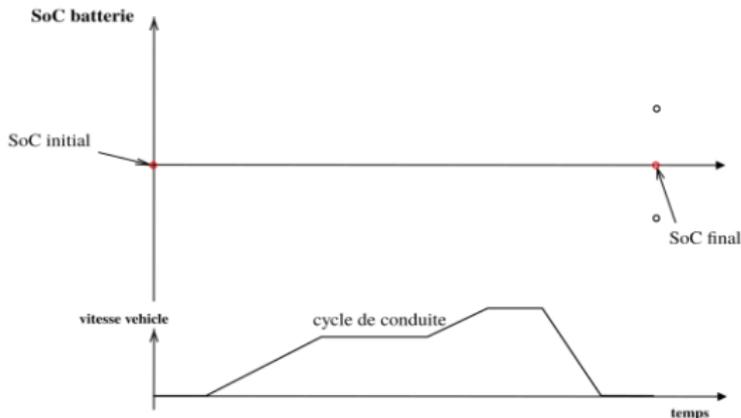
Programmation dynamique - Application au véhicule hybride

La programmation dynamique : application aux véhicules hybrides :

Je veux minimiser sur un **cycle** une consommation : **coût des arcs**

en jouant sur le courant batterie (choix elec-hybride) donc son état de charge : **trajectoire SoC en fonction du temps**

et en respectant une contrainte sur cette état de charge : **points de départ et d'arrivé**



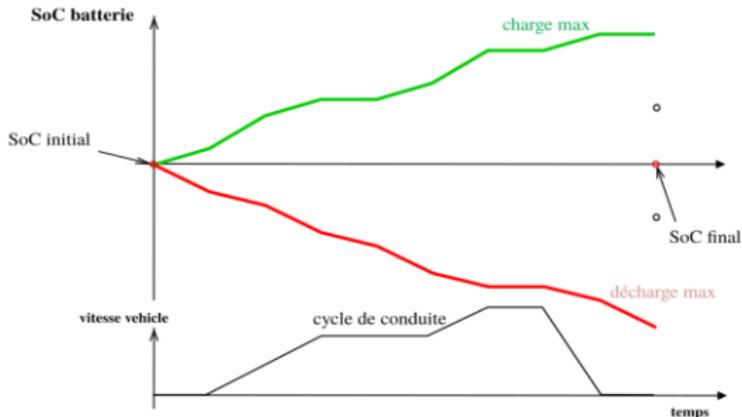
Programmation dynamique - Application au véhicule hybride

La programmation dynamique : application aux véhicules hybrides :

Je veux minimiser sur un **cycle** une consommation : **coût des arcs**

en jouant sur le courant batterie (choix elec-hybride) donc son état de charge : **trajectoire SoC en fonction du temps**

et en respectant une contrainte sur cette état de charge : **points de départ et d'arrivé**



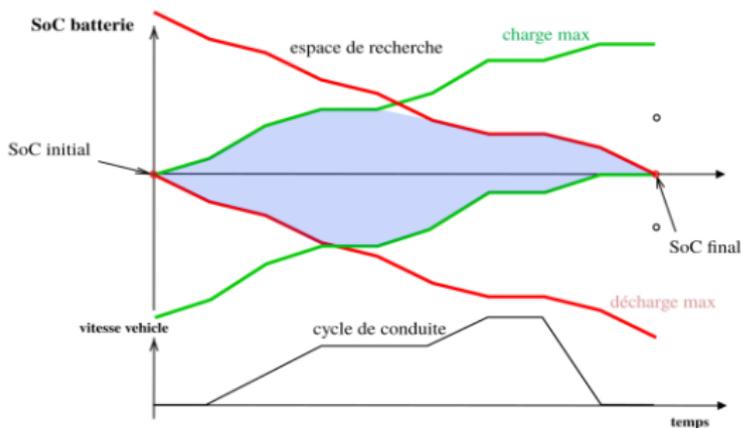
Programmation dynamique - Application au véhicule hybride

La programmation dynamique : application aux véhicules hybrides :

Je veux minimiser sur un **cycle** une consommation : **coût des arcs**

en jouant sur le courant batterie (choix elec-hybride) donc son état de charge : **trajectoire SoC en fonction du temps**

et en respectant une contrainte sur cette état de charge : **points de départ et d'arrivé**



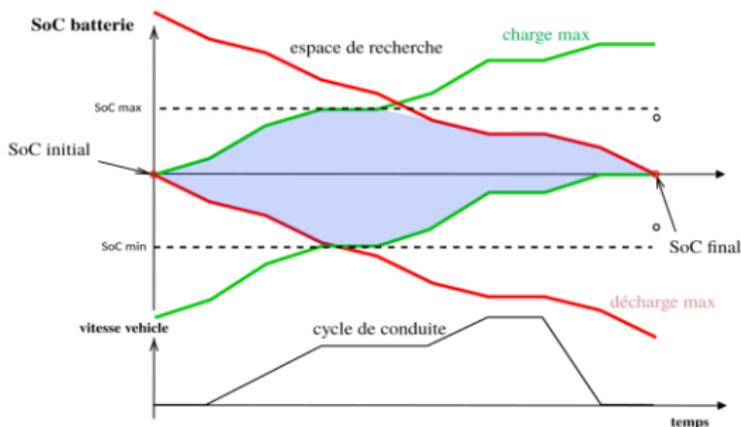
Programmation dynamique - Application au véhicule hybride

La programmation dynamique : application aux véhicules hybrides :

Je veux minimiser sur un **cycle** une consommation : **coût des arcs**

en jouant sur le courant batterie (choix elec-hybride) donc son état de charge : **trajectoire SoC en fonction du temps**

et en respectant une contrainte sur cette état de charge : **points de départ et d'arrivé**



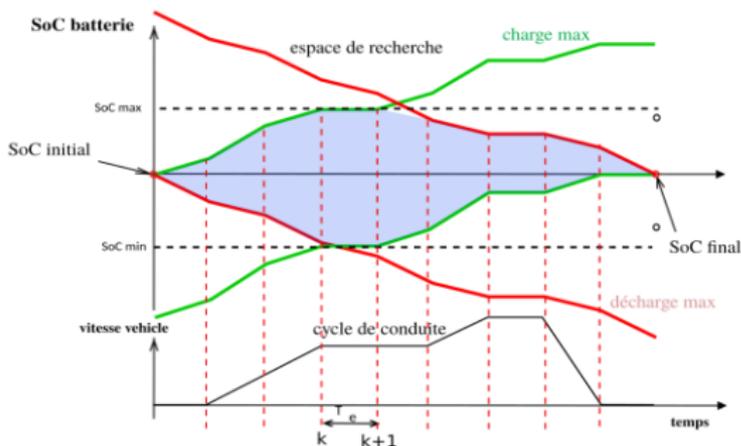
Programmation dynamique - Application au véhicule hybride

La programmation dynamique : application aux véhicules hybrides :

Je veux minimiser sur un **cycle** une consommation : **coût des arcs**

en jouant sur le courant batterie (choix elec-hybride) donc son état de charge : **trajectoire SoC en fonction du temps**

et en respectant une contrainte sur cette état de charge : **points de départ et d'arrivé**



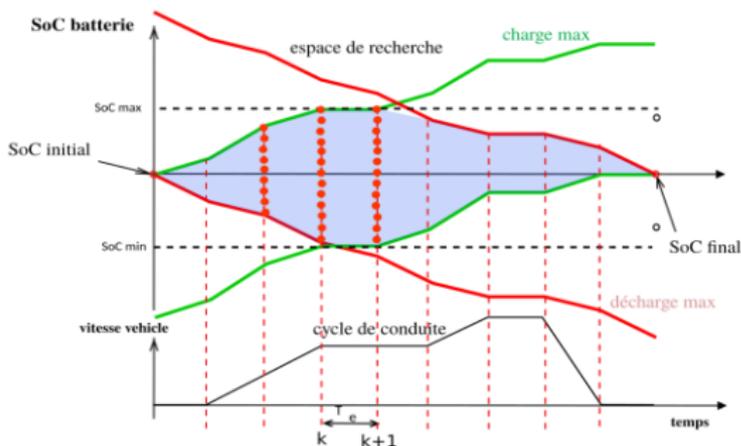
Programmation dynamique - Application au véhicule hybride

La programmation dynamique : application aux véhicules hybrides :

Je veux minimiser sur un **cycle** une consommation : **coût des arcs**

en jouant sur le courant batterie (choix elec-hybride) donc son état de charge : **trajectoire SoC en fonction du temps**

et en respectant une contrainte sur cette état de charge : **points de départ et d'arrivé**



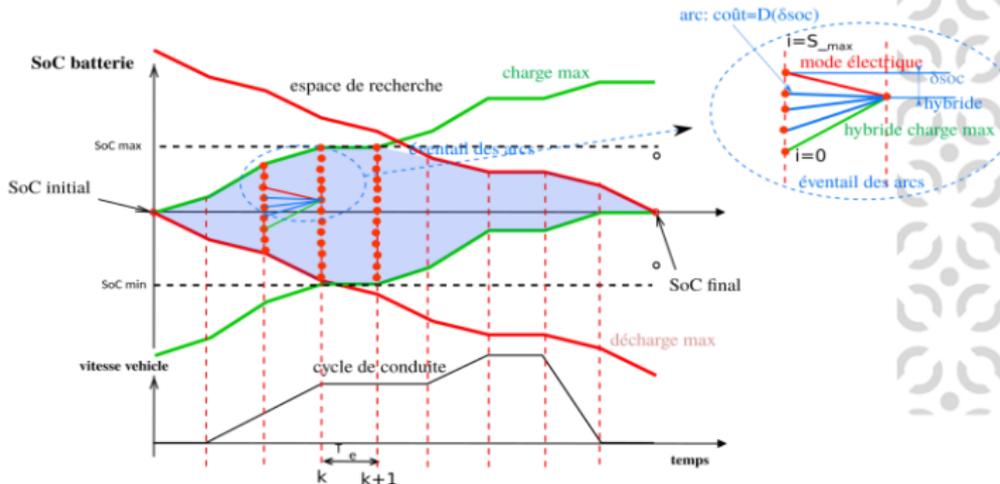
Programmation dynamique - Application au véhicule hybride

La programmation dynamique : application aux véhicules hybrides :

Je veux minimiser sur un **cycle** une consommation : **coût des arcs**

en jouant sur le courant batterie (choix elec-hybride) donc son état de charge : **trajectoire SoC en fonction du temps**

et en respectant une contrainte sur cette état de charge : **points de départ et d'arrivé**



Programmation dynamique - Application au véhicule hybride

Lois optimales :

Avantages - elles sont optimales :



- Connaissance de la consommation ultime sur le cycle de conduite
- Une étape d'analyse pour construire une stratégie à base de règles expertes, ou de faire appel à des méthodes d'apprentissage en IA (réseaux de neurones ...)
- Permettent de trouver les dimensionnements des composants, de comparer les chaînes de traction les unes par rapport aux autres ...

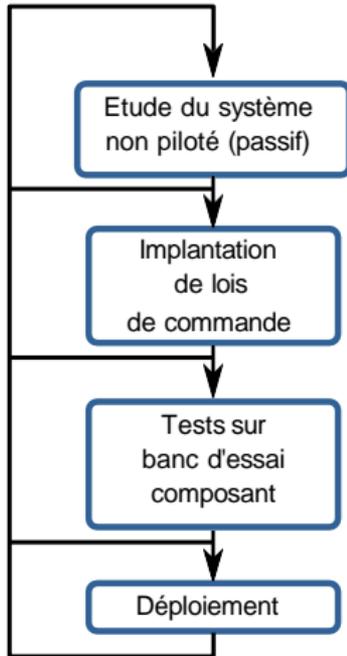
Inconvénients :



- Nécessite la connaissance à priori du cycle de conduite, donc non applicables en ligne
- Gourmandes en CPU et en mémoire
- Modèles simples, peu de dynamiques prises en compte (curse of dimensionality)

⇒ *Comment élaborer une méthodologie automatique?*

Etude du comportement d'un système piloté :



Modèles quasi statique:

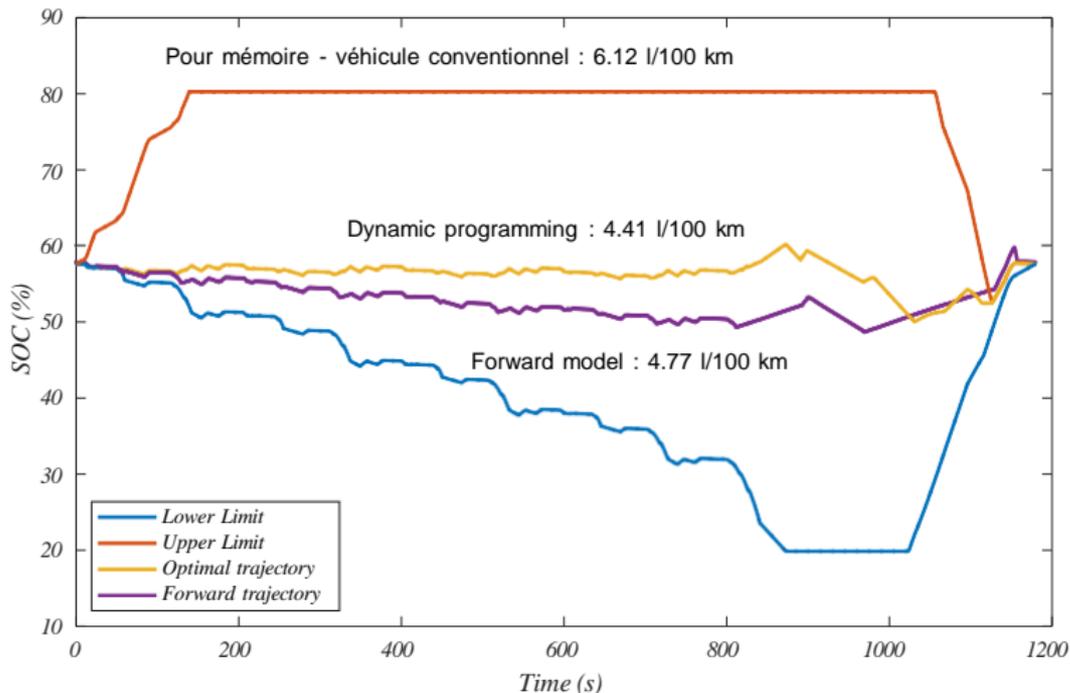
- Programmation dynamique
- Principe Maximum Pontryagin

Modèles Forward :

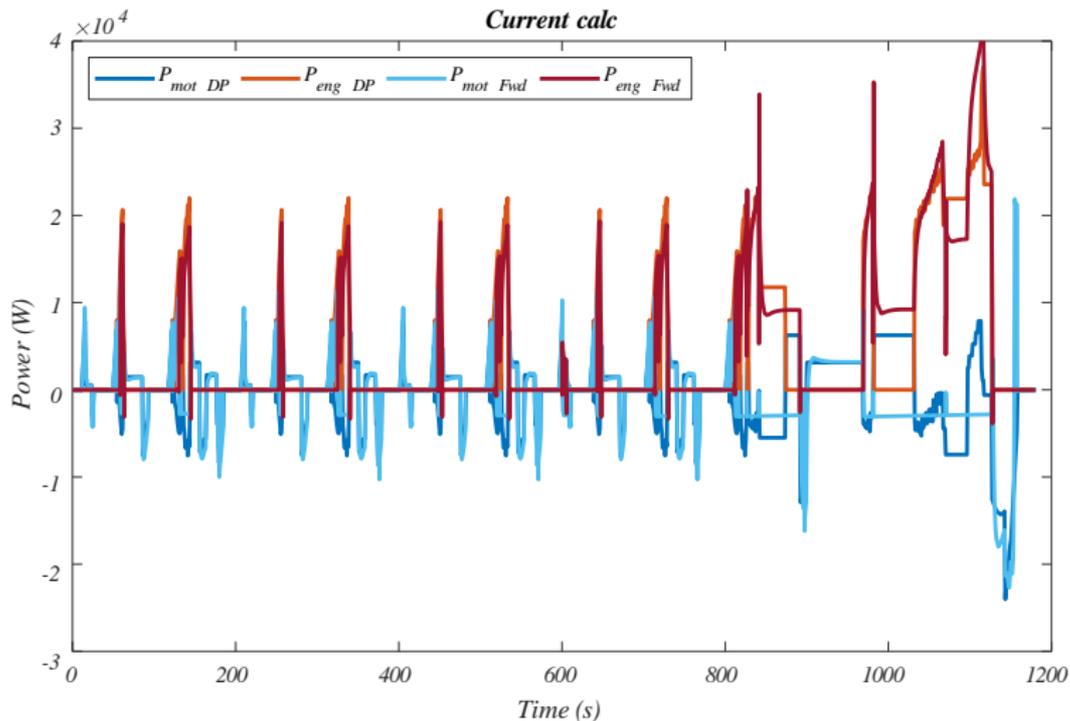
- Lois de commande expertes pour la gestion en temps réel des stratégies
- Lois de commande à base d'IA (réseau de neurones, ...)

*Modèles HIL sur banc moteur
Validation sur banc*

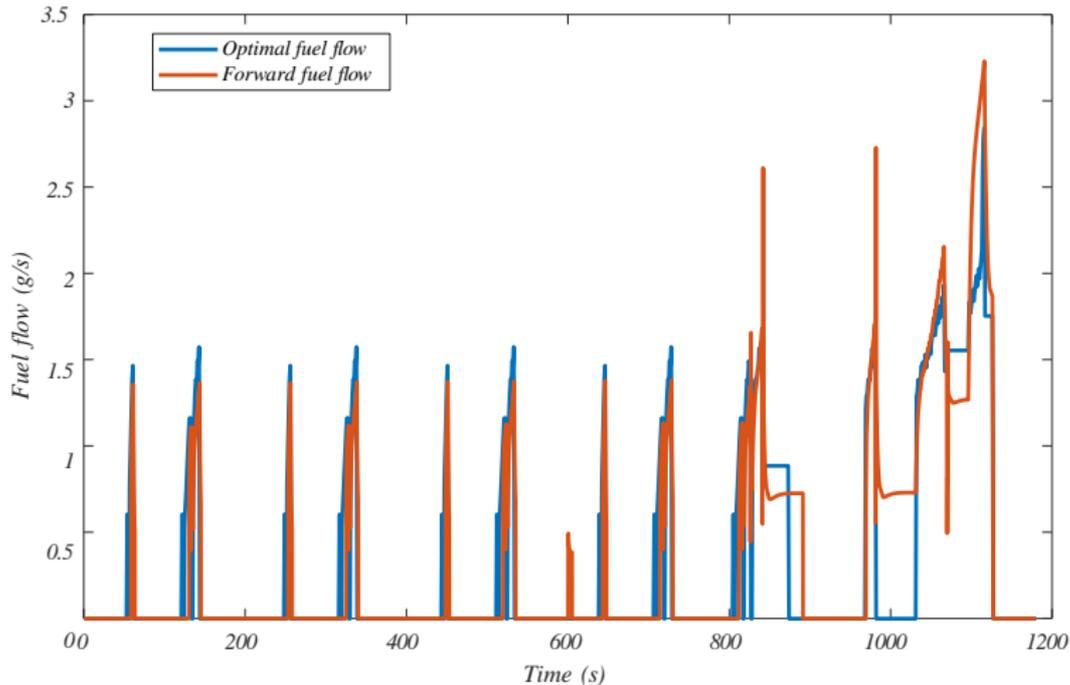
Comparaison entre les étapes 1 (DP) et 2 (Forward)



Comparaison entre les étapes 1 (DP) et 2 (Forward)



Comparaison entre les étapes 1 (DP) et 2 (Forward)



Merci de votre attention

Bruno Jeanneret, Driss Laraqui,
Emmanuel Vinot, Sylvain Gillet

bruno.jeanneret@univ-eiffel.fr

UGE – LICIT-ECO7

25 av François Mitterrand
F-69675 Bron Cedex

www.univ-gustave-eiffel.fr

