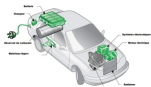


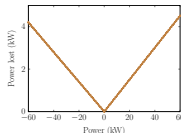
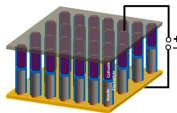
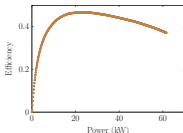
Application en optimisation d'énergie pour VEH



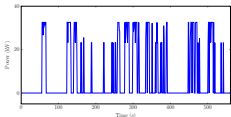
Moteur électrique de propulsion alimenté par :

- générateur embarqué : e.g. **pile à combustible (PAC)**
- source réversible : e.g. **batterie (BAT)**

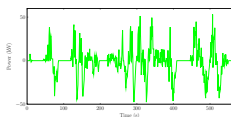
Caractéristiques des sources d'énergie : **limites de puissance(kW)**, **rendement(%)**, **capacité(kWs)** ...



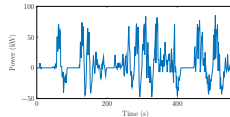
Trouver à chaque instant la **répartition optimale de puissance** entre les sources d'énergie pour **minimiser la consommation totale de carburant ou combustible**.



Puissance issue de PAC



Puissance de/vers BAT



Puissance totale fournie

Application en optimisation d'énergie pour VEH

Données :

- profil de demande de puissance (= demande à chaque instant)
- Fonction non linéaire du cout d'utilisation de la pile à combustible (PAC)
- Puissance minimale et maximale que peut fournir la PAC à chaque instant
- Puissance minimale et maximale de la PAC
- Niveaux initial, minimal et maximal de la batterie
- Fonction de pertes énergétiques lorsque la batterie fournit ou reçoit de l'énergie

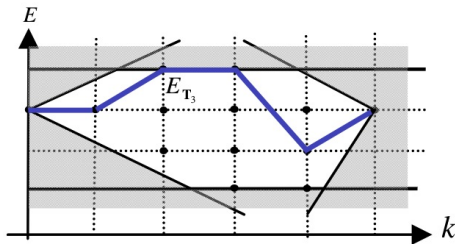
Objectif : minimiser le coût d'utilisation de la PAC

Contraintes

- Satisfaire la demande d'énergie de chaque instant
- Respecter les niveaux d'énergie minimum et maximum de la batterie
- Respecter la puissance maximale que peut fournir la PAC à chaque instant

Application en optimisation d'énergie pour VEH

Graphe associé pour application de la programmation dynamique

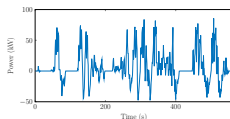


- en abscisse : chaque pas de temps
- en ordonnée : niveaux d'énergie possibles dans la batterie (discrets)
- chaque noeud correspond à une paire (i,t) représentant le fait que la batterie soit au niveau d'énergie i à l'instant t
- un arc $(i,t)-(j,t+1)$ relie deux noeuds de deux instants consécutifs, représentant le fait que la batterie passe du niveau d'énergie i à l'instant t au niveau d'énergie j à l'instant $t+1$
- le cout associé à chaque arc est le coût d'utilisation de la PAC

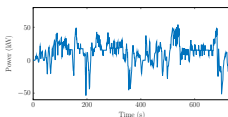
Application en optimisation d'énergie pour VEH

Données 1/2 :

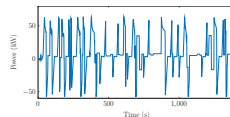
- échelle de temps : chaque pas de temps correspond à 1 seconde. Donc une puissance de 1kW pendant 1 instant, revient à une énergie de 1kWs
- profil de demande de puissance (=énergie demandée à chaque pas de temps)
 - 6 différents profils sont mis à disposition, correspondant à 6 situations différentes (tramway en Turkey, vehicule urbain dans une ville d'Europe, ...)



urbain



autoroutier



tramway

...

...

- Puissance minimale et maximale de la pile à combustible
 - $P_{\min}^{PC} = 1 \text{ kW}$, $P_{\max}^{PC} = 60 \text{ kW}$. Donc soit la pile à combustible ne produit rien, soit elle produit une puissance comprise entre 1 et 60 kW
- Niveaux initial, minimal et maximal de la batterie
 - $E_{\min}=400\text{kWs}$, $E_{\max}=1600 \text{ kWs}$, $E_0=900 \text{ kWs}$

Application en optimisation d'énergie pour VEH

Données 2/2 :

- Fonction non linéaire du cout d'utilisation de la pile à combustible
 - dans un premier temps, considérer $f^1(x) = \begin{cases} 0 & \text{si } x \leq 0 \\ f_{(A)}(x) & \text{sinon} \end{cases}$
 - puis considérer $f^1(x) = \begin{cases} 0 & \text{si } x \leq 0 \\ f_{(B)}(x) & \text{sinon} \end{cases}$

avec $f_{(A)}(x) = 0.001x^3 - 0.024x^2 + 1.92x + 5.91$

$$\text{et } f_{(B)}(x) = \begin{cases} 1.603x + 6.203 & \text{si } x \leq 8.0 \\ 1.943x + 3.486 & \text{si } 8.0 < x \leq 26.417 \\ 3.681x - 42.426 & \text{si } 26.417 < x \leq 42.765 \\ 7.169x - 191.593 & \text{si } x > 42.765 \end{cases}$$

- Fonction de pertes énergétiques lorsque la batterie fournit ou reçoit de l'énergie
 - dans un premier temps, supposer que la batterie est idéale et ne présente aucune perte : $f^{out}(x) = 1x$, $f^{in}(x) = x$
 - puis, considérer les fonctions $f^{out}(x) = 1.0753x$, $f^{in}(x) = 0.93x$