Réduction de modèle

N. Hascoët – Prof. F. Chinesta

2 juillet 2019

SSL

- SPARSE SUBSPACE LEARNING
- Problématique ESPACE-TEMPS et d'un ensemble de PARAMÈTRES p

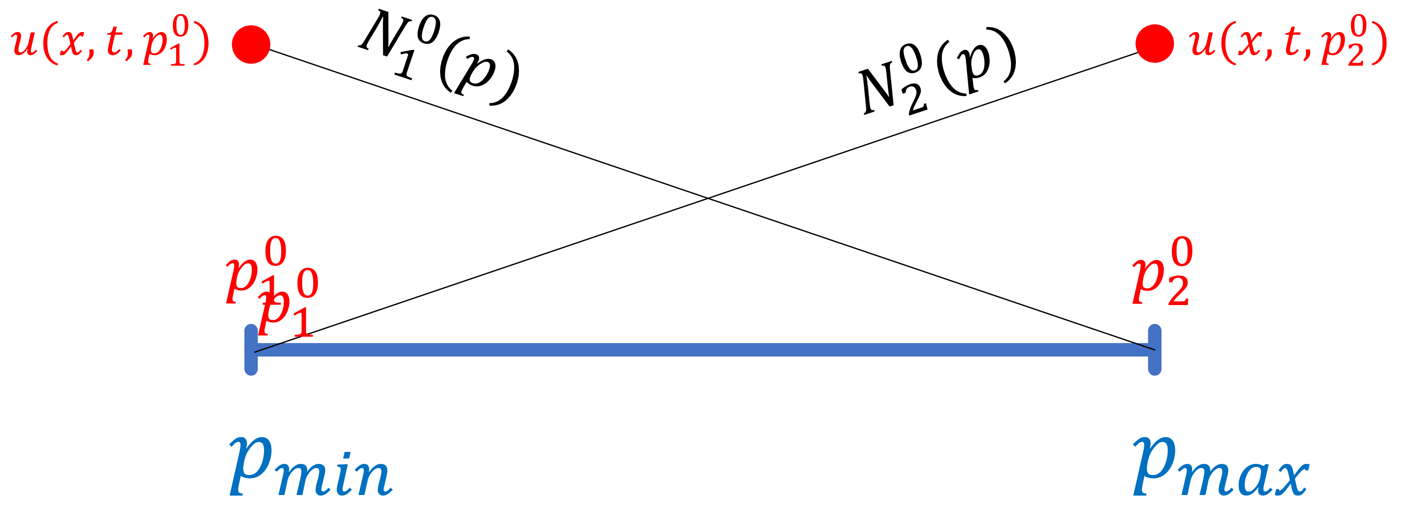
$$\mathcal{L}\big(u(x,t,p)\big) = \mathcal{F}(x,t) \Rightarrow u(x,t) \approx \sum_{i}^{N} U_i(t) N_i(t)$$

avec N_i les FONCTIONS DE BASE du modèle

SSL

- Niveau 0 : linéaire

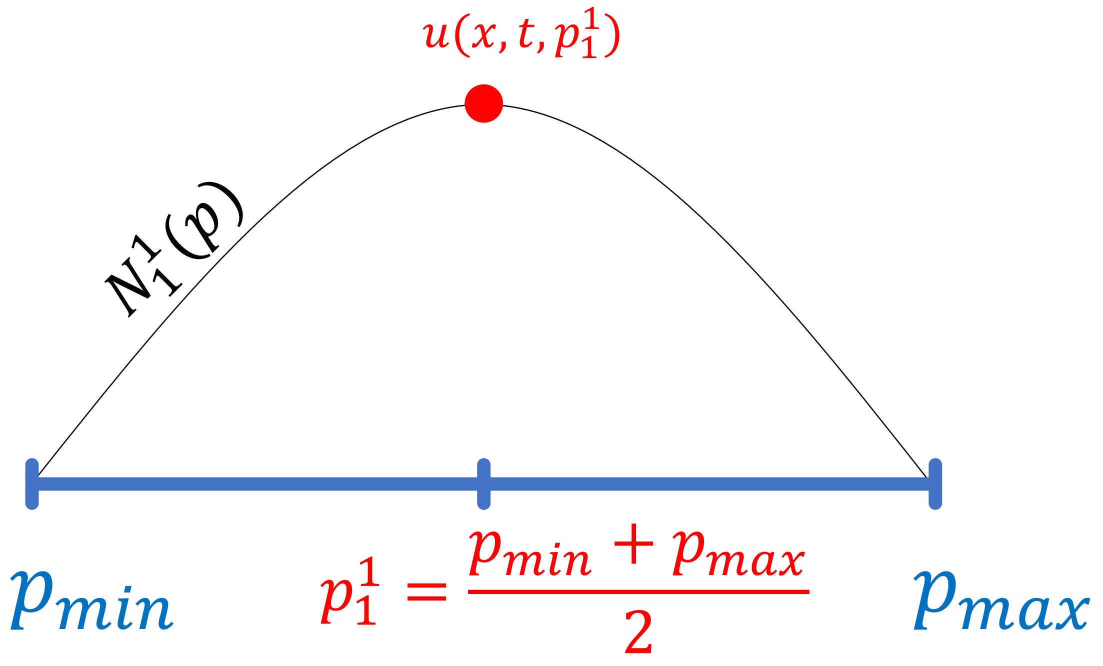
$$u^0(x,t,p) = u(x,t,p_1^0)N_1^0(p) + u(x,t,p_2^0)N_2^0(p)$$



SSL

- Niveau 1 : parabolique

$$u^1(x,t,p) = u(x,t,p_1^1)N_1^1(p)\ ?$$



SSL

- Base hiérarchique d'ENRICHISSEMENT
- Modélisation du SURPLUS $\tilde{u}$:

$$\tilde{u}(x,t,p_1^1) = u(x,t,p_1^1) - u^0(x,t,p_1^1)$$

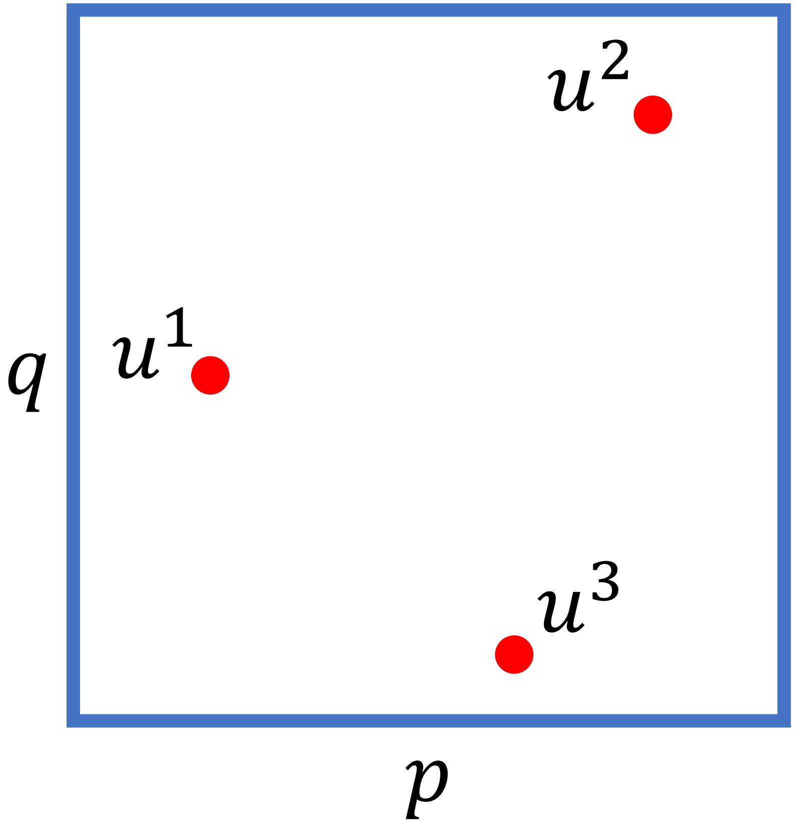
$$\boldsymbol{u^1(x,t,p) = u^0(x,t,p) + \tilde{u}\left(x,t,p_1^1\right)N_1^1(p)}$$

- Sparse dans le nombre de paramètres nécessaires

sPGD

- SPARSE-PGD
- Exemple avec 2 paramètres : $u(p,q)$?

$$\begin{cases} u^1 = u(p_1, q_1) \\ u^2 = u(p_2, q_2) \\ u^3 = u(p_3, q_3) \end{cases}$$



- Méthode de régression classique :

$$u(p,q) = a + bp + cq$$

$$u(p,q) = \begin{pmatrix} 1 & p & q \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a \\ b \\ c \end{pmatrix}$$

sPGD

- $\exists \underline{\underline{M}}: u(p,q) = \begin{pmatrix} 1 & p & q \end{pmatrix} \underline{\underline{M}}^{-1} \underline{U}$
$$= N_1(p,q)u^1 + N_2(p,q)u^2 + N_3(p,q)u^3$$

- Les paramètres initiaux s'écrivent sous la forme
$$\begin{pmatrix} u^1 \\ u^2 \\ u^3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & p_1 & q_1 \\ 1 & p_2 & q_2 \\ 1 & p_3 & q_3 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a \\ b \\ c \end{pmatrix}$$

- Donc $\underline{U} = \underline{\underline{M}}\ \underline{A}$ et donc $\boldsymbol{\underline{A} = \underline{\underline{M}}^{-1} \underline{U}}$

sPGD

- Si les paramètres sont combinés

$$u(p,q) = a + bp + cq + \underbrace{dpq}_{?}$$

- C'est-à-dire :

$$\begin{pmatrix} u^1 \\ u^2 \\ u^3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & p_1 & q_1 & p_1 q_1 \\ 1 & p_2 & q_2 & p_2 q_2 \\ 1 & p_3 & q_3 & p_3 q_3 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a \\ b \\ c \\ d \end{pmatrix}$$

- Et donc une INFINITÉ de solutions possibles !

sPGD

- Utilisation de la PGD : recherche de la solution sous la forme :

$$u(p,q) = P_1(p)Q_1(q)$$

- Avec 3 données mesurées : u^1, u^2 et u^3

- Minimisation de la déviation :

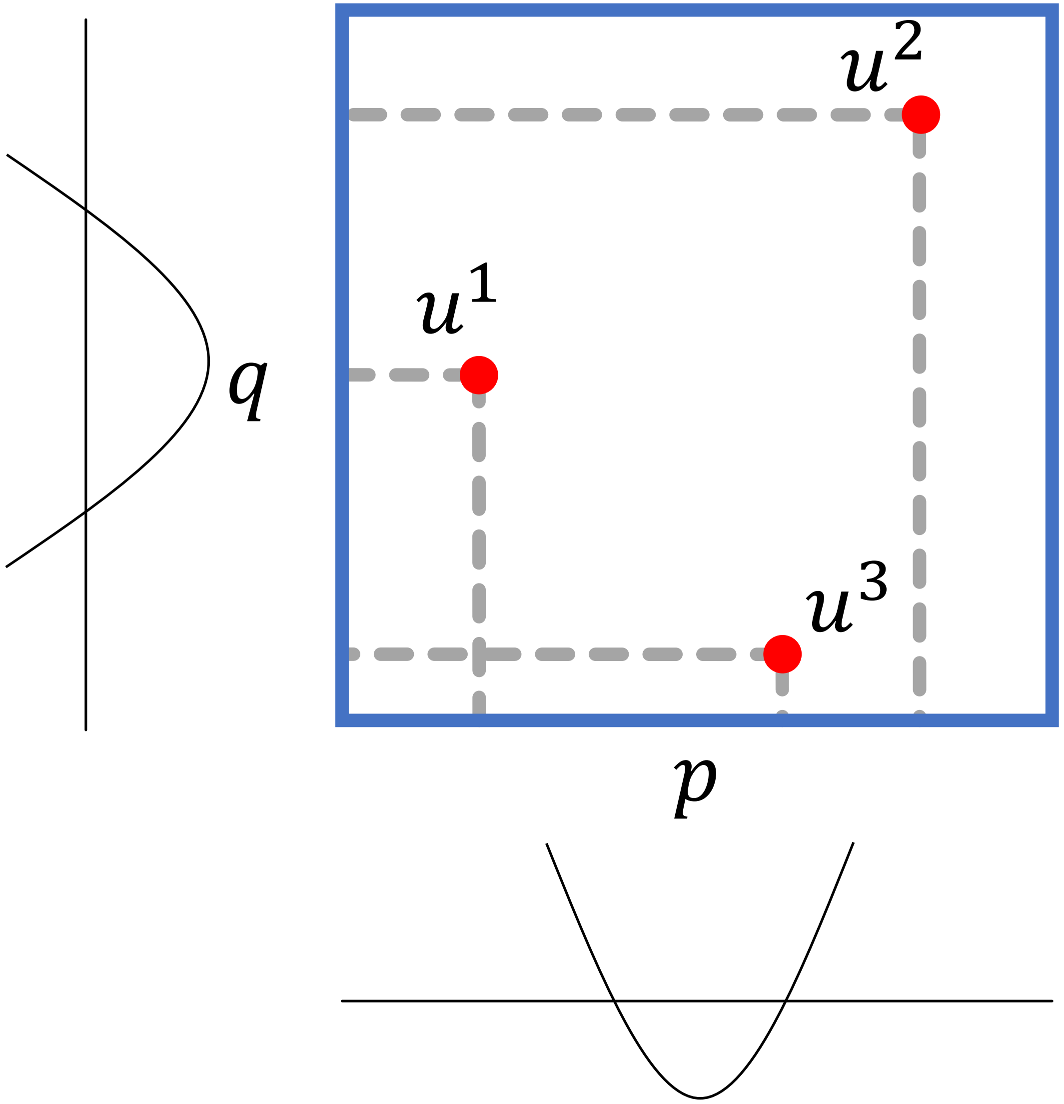
$$\min\|u(p,q) - u^{exact}\|_{L_2}$$

ARTS ET MÉTIERS ParisTech

sPGD

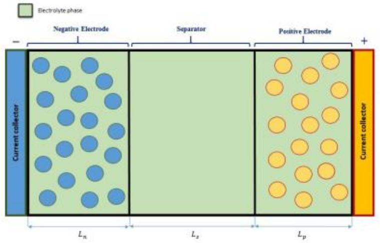
- BASE : $\{1, p, q, pq, q^2, \dots, p^2q^2\}$
- La PGD résulte en autant de coefficients
- sPGD : introduction d'un « COÛT » pour chaque terme non nul
- Minimisation L_1 pour une solution « sparse »

$$\min \|u(p,q) - u^{exact}\|_{L_1}$$



Prédiction temps réel de batterie Hybrid Twin

Micro



Newman's P2D model

$$\frac{\partial c_s}{\partial t} = \frac{D_s}{r^2}\frac{\partial}{\partial r}\left(r^2 \frac{\partial c_s}{\partial r}\right); \qquad \left.\frac{\partial c_s}{\partial r}\right|_{r=0} = 0; \quad D_s \left.\frac{\partial c_s}{\partial r}\right|_{r=R_s} = -\frac{j^{Li}}{a_s F}$$

$$\frac{\partial}{\partial x}\left(\kappa^{eff} \frac{\partial \phi_e}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial x}\left(\kappa_D^{eff} \frac{\partial}{\partial x} ln(c_e)\right) + j^{Li} = 0; \qquad \left.\frac{\partial \phi_e}{\partial x}\right|_{x=0} = \left.\frac{\partial \phi_e}{\partial x}\right|_{x=L} = 0$$

$$\frac{\partial}{\partial x}\left(\sigma^{eff} \frac{\partial \phi_s}{\partial x}\right) - j^{Li} = 0;$$

$$-\sigma^{eff} \left.\frac{\partial \phi_s}{\partial x}\right|_{x=0} = \sigma^{eff} \left.\frac{\partial \phi_s}{\partial x}\right|_{x=L} = \frac{I}{A}; \quad \left.\frac{\partial \phi_s}{\partial x}\right|_{x=0} = \left.\frac{\partial \phi_s}{\partial x}\right|_{x=L} = 0$$

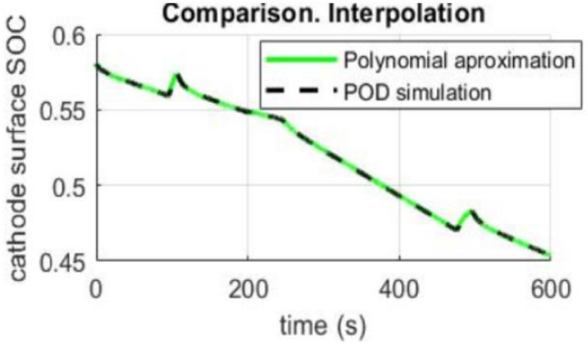
$$\frac{\partial(\varepsilon_e c_e)}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x}\left(D_e^{eff} \frac{\partial c_e}{\partial x}\right) + \frac{1-t_+^0}{F} j^{Li} \qquad \left.\frac{\partial c_e}{\partial x}\right|_{x=0} = \left.\frac{\partial c_e}{\partial x}\right|_{x=L} = 0$$

POD
&
PGD

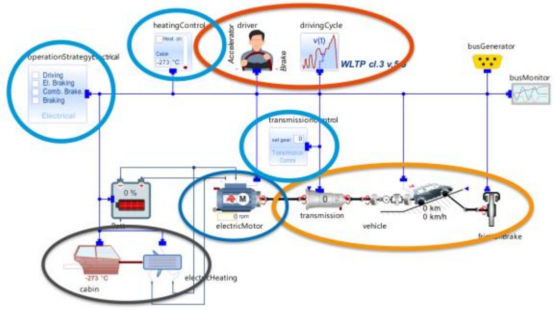
Meso

$$SOC(t) = f(SOC(t=0), Load, Env)$$
$$Voltage(t) = g(SOC(t=0), Load, Env)$$

AI: sPGD & T-MD



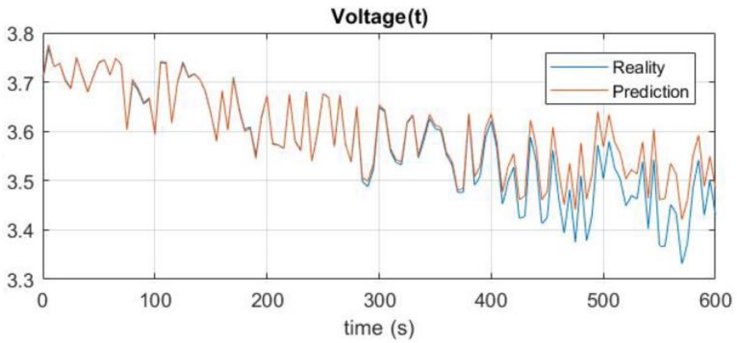
Macro

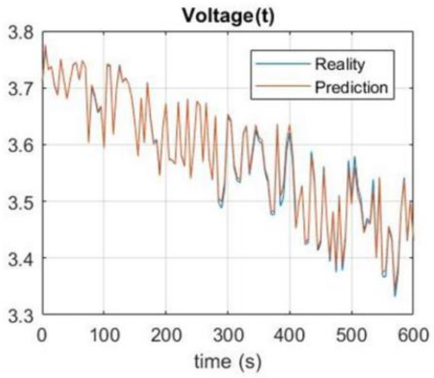


System modelling

Planning

HT





Data-Driven Correction