

# FONCTIONNELLES ÉNERGÉTIQUES POUR LE RECALAGE ET LES MODÈLES HYBRIDES

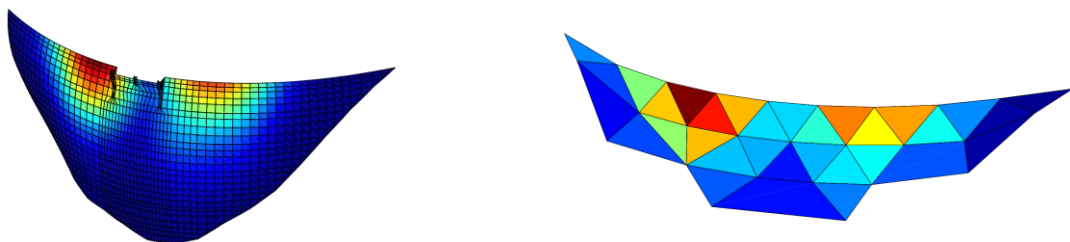
## 1. CONTEXTE

Afin d'assurer le fonctionnement des matériels de production et d'optimiser leurs disponibilités, EDF a besoin :

- d'un outil de recalage efficace,
- d'un modèle prédictif pour les niveaux de réponses.

## 3. L'ÉLABORATION D'UN MODÈLE HYBRIDE

- Modèle hybride = modèle numérique + modèle expérimental.



- Minimisation d'une fonction coût en énergie sous plusieurs contraintes.

- Fonctionnelle énergétique

$$e_{\omega}(\varphi, \psi, \theta) = \underbrace{\frac{1}{2} \psi^T K(\theta) \psi}_{\text{Erreur du modèle}} + \underbrace{\frac{r}{2(1-r)} (\Pi \varphi - \phi_{exp})^T K_r (\Pi \varphi - \phi_{exp})}_{\text{Erreur de mesure}}$$

- Contraintes :

$$K(\theta) \psi = (K(\theta) - \omega_{exp}^2 M(\theta)) \varphi,$$

Contraintes à capteurs fixes

$$C \varphi = 0, \quad C \psi = 0$$

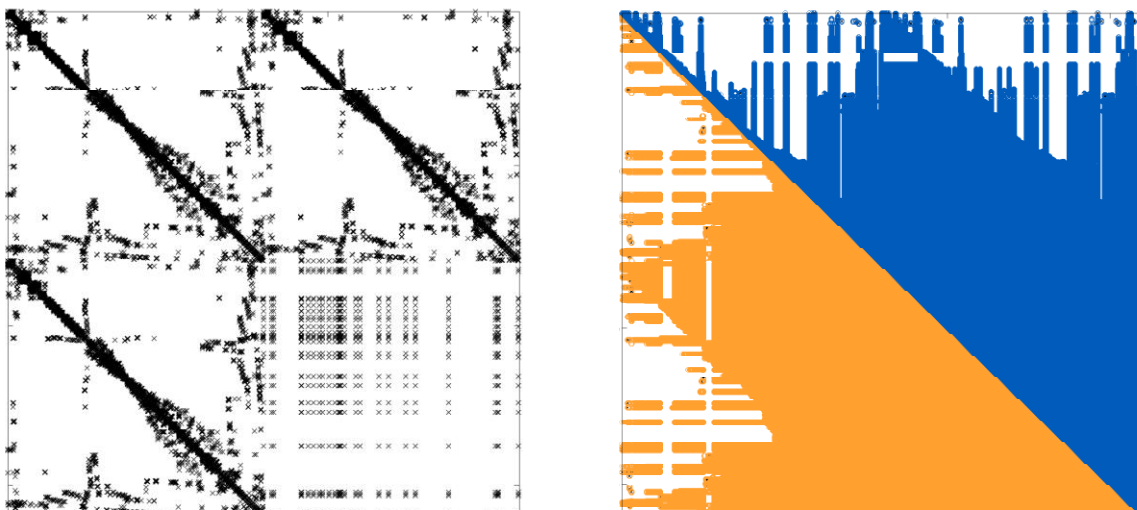
Contraintes cinématiques

- Système linéaire généré :

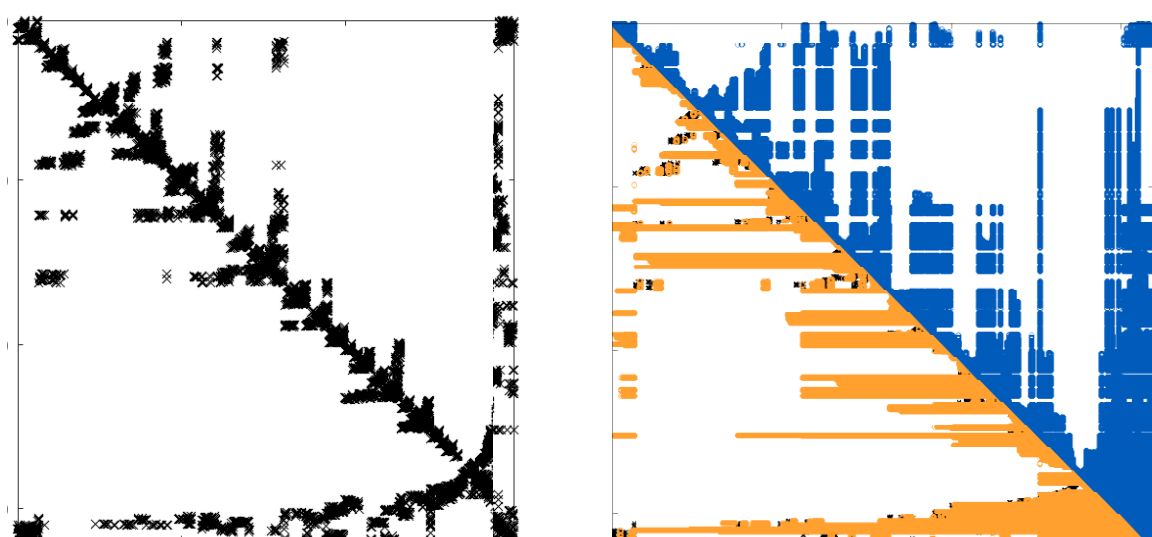
$$\begin{bmatrix} -K(\theta) & -C^T & K(\theta) - \omega_{exp}^2 M(\theta) & C^T \\ -C & 0 & C & 0 \\ K(\theta) - \omega_{exp}^2 M(\theta) & C^T & \frac{r}{1-r} \Pi^T K_r \Pi & 0 \\ C & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \psi \\ \lambda_1 \\ \varphi \\ \lambda_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \frac{r}{1-r} \Pi^T K_r \phi_{exp} \\ 0 \end{bmatrix}$$

## 4. RÉOLUTION DIRECTE ET REMPLISSAGE

- Résolution directe à travers la factorisation LU :  $A = LU$
- Obstacles : Remplissage + Stabilité.



- Outil : réordonnement de la matrice.



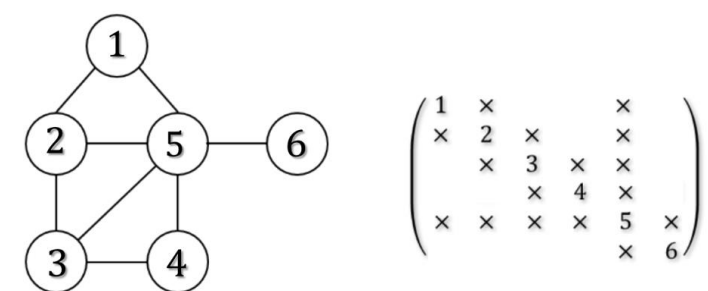
- La réduction du remplissage par réordonnement est souvent faussée par le pivotage maintenant la stabilité numérique. Ceci génère un coût de stockage et de temps de calcul.

## 2. OBJECTIFS

- Optimiser l'efficacité des méthodes de construction de modèles hybrides à travers l'amélioration des méthodes de résolution.
- Assurer le transfert d'outils efficaces de recalage et d'expansion robuste vers l'ingénierie à travers le code mécanique Code\_Aster ©.

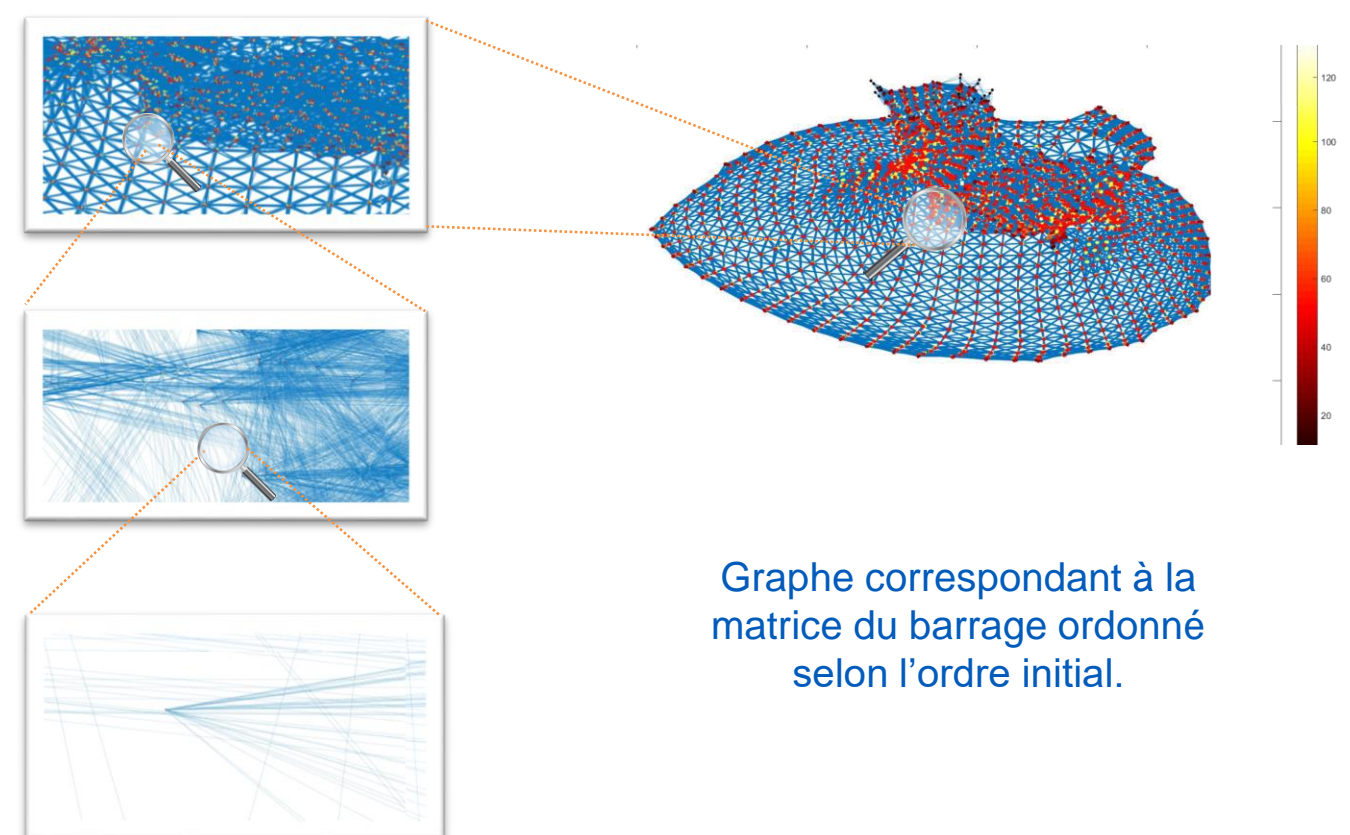
## 5. PROCÉDÉ DUAL DE RENUMÉROTATION ET FACTORISATION – LA METHODE MDF

- Développement d'une méthode directe appelée **Minimum Degree Factorization (MDF)** faisant en parallèle le réordonnement et la factorisation de la matrice.



- Le réordonnement est basé sur le graphe correspondant à la matrice. On choisit un ordre croissant du nombre de voisins de chaque sommet.

- Des millions de choix de pivot pour une grande structure industrielle.



## 6. RÉSULTATS

- MDF** est meilleur que la totalité des solveurs directs en ce qui concerne la réduction de remplissage pour la topologie du problème.
- Convergence vers la précision machine après quelques étapes de raffinement itératif.
- Le remplissage demeure contraignant. Orientation vers les méthodes itératives.

Matrice générée pour une pompe industrielle	<i>MDF</i>	<i>UMFPACK</i>	<i>MUMPS</i>	<i>SuperLU</i>
<i>Remplissage Ratio(%)</i>	850,645 5.01	914,271 5.39	878,848 5.18	1,002,364 5.91
<i>Error Backwarderror</i>	8.7E-05 1.1E-08	1.8E-08 5.4E-10	2.1E-06 1.6E-10	5.1E-06 2.7E-09
Nombre d'étapes de raffinement itératif	2	2	1	2
<i>Error<sub>raff</sub> Backwarderror<sub>raff</sub></i>	4.6E-09 1.3E-16	4.1E-09 1.6E-16	1.3E-09 1.7E-16	2.7E-09 1.5E-16