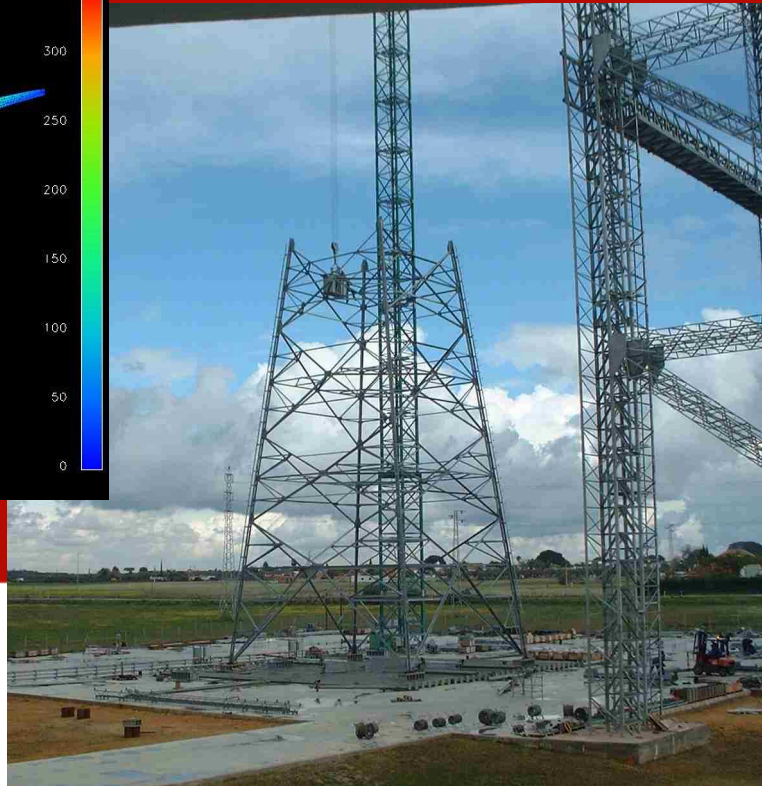
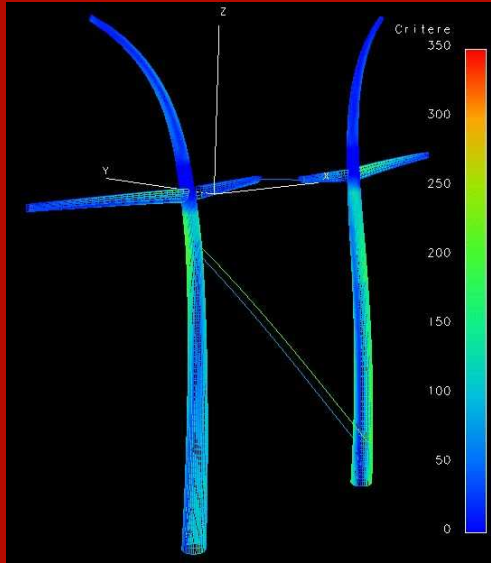


Modélisation des pylônes avec *Code_Aster*



Laure PELLET

Bernard RIOU

R17 (Coordination Électrique et Mécanique des Ouvrages)

Christophe PEYRARD

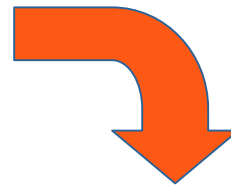
Thomas DE SOZA



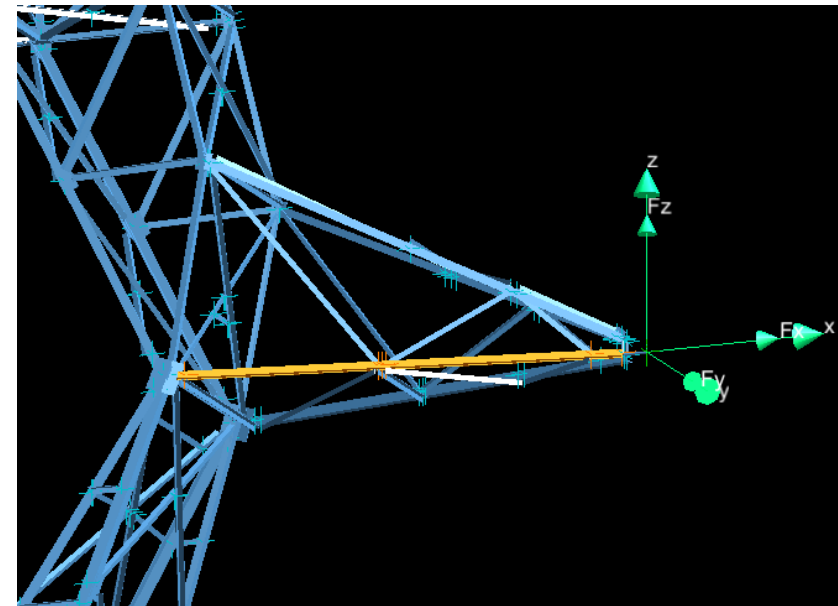
Modélisation des pylônes avec *Code_Aster*

1. État actuel et évolutions nécessaires
2. La dynamique
3. Le post-élastique
4. Les assemblages boulonnés
5. Les pylônes architecturés

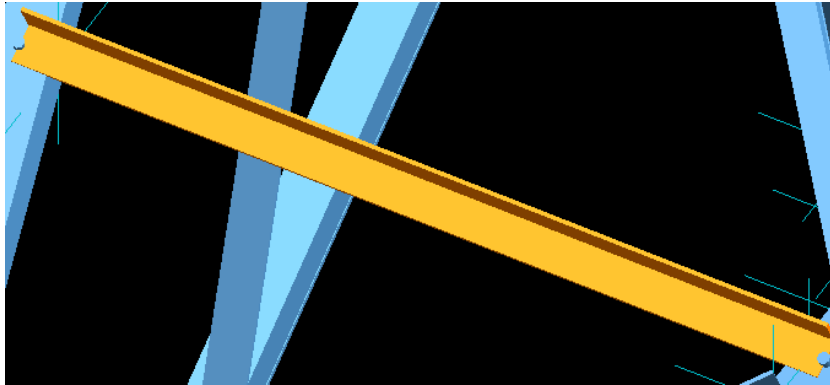
1. État actuel et évolutions nécessaires



Interface Everest :
Modélisation EF

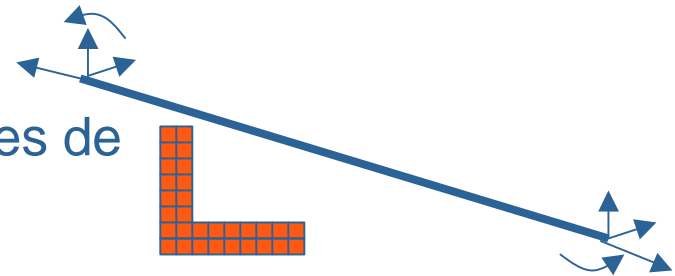
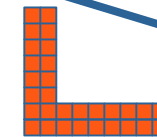


1. État actuel et évolutions nécessaires



Modélisation
à l'aide d'Everest

+ Poutres multi-fibres de
Code_Aster



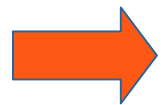
Bonne connaissance du transit d'effort
dans un pylône

1. L'évolution des besoins RTE

Politique de sécurisation de RTE → pylône anti-cascade

Charge de dimensionnement forfaitaire

Charges réelles?



Modélisation de la chute d'un pylône



Calcul de ligne avec chute d'un pylône



Charge sur pylônes adjacents

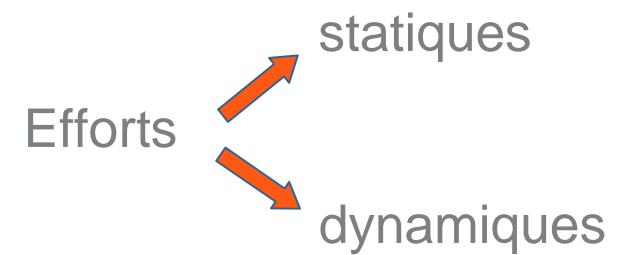
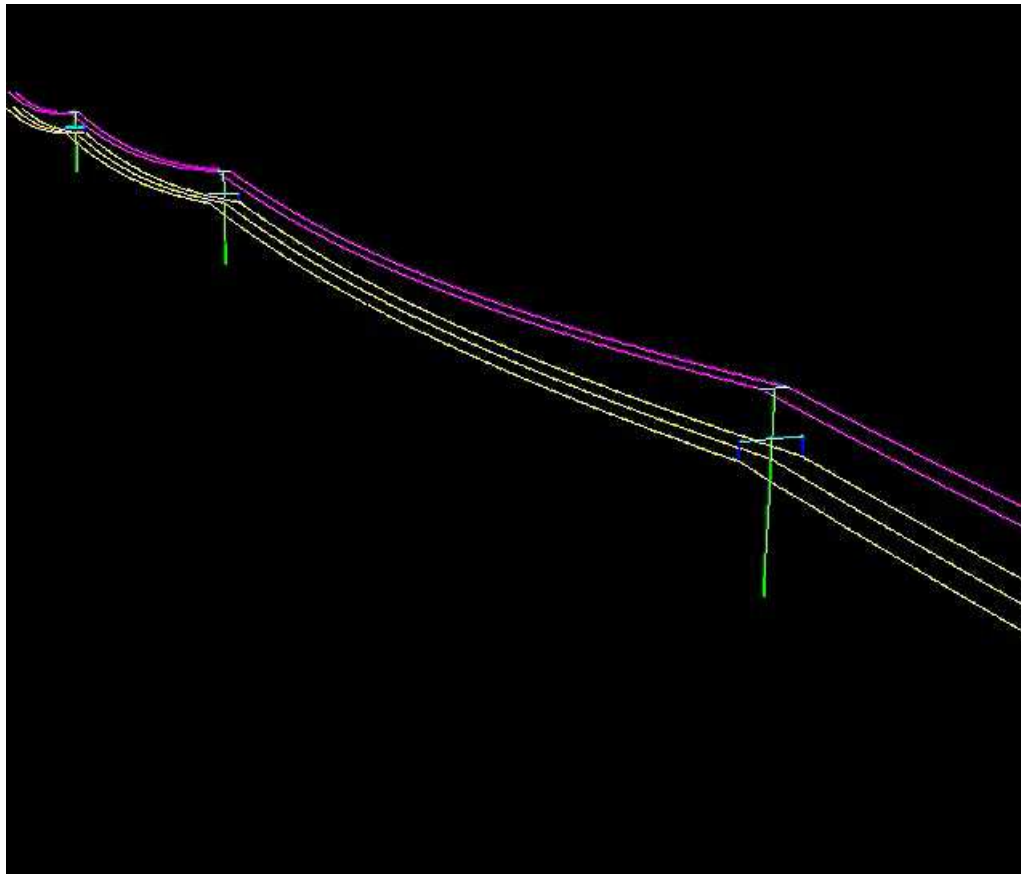
Post-élastique

Dynamique

Liaisons
boulonnées

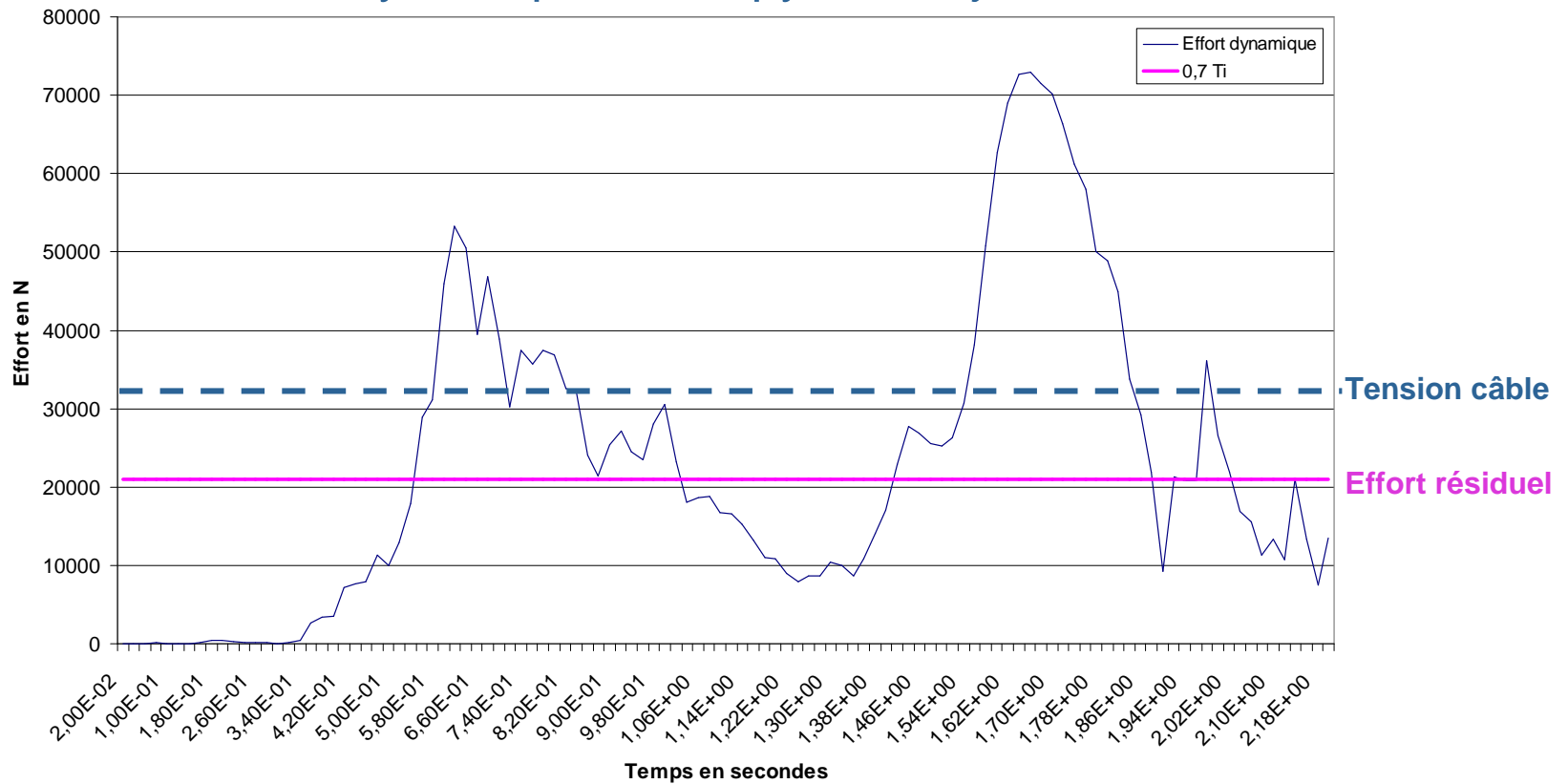
2. Effets dynamiques sur les pylônes

Rupture d'un conducteur



2. Effets dynamiques sur les pylônes

Effort dynamique sur le pylône adjacent

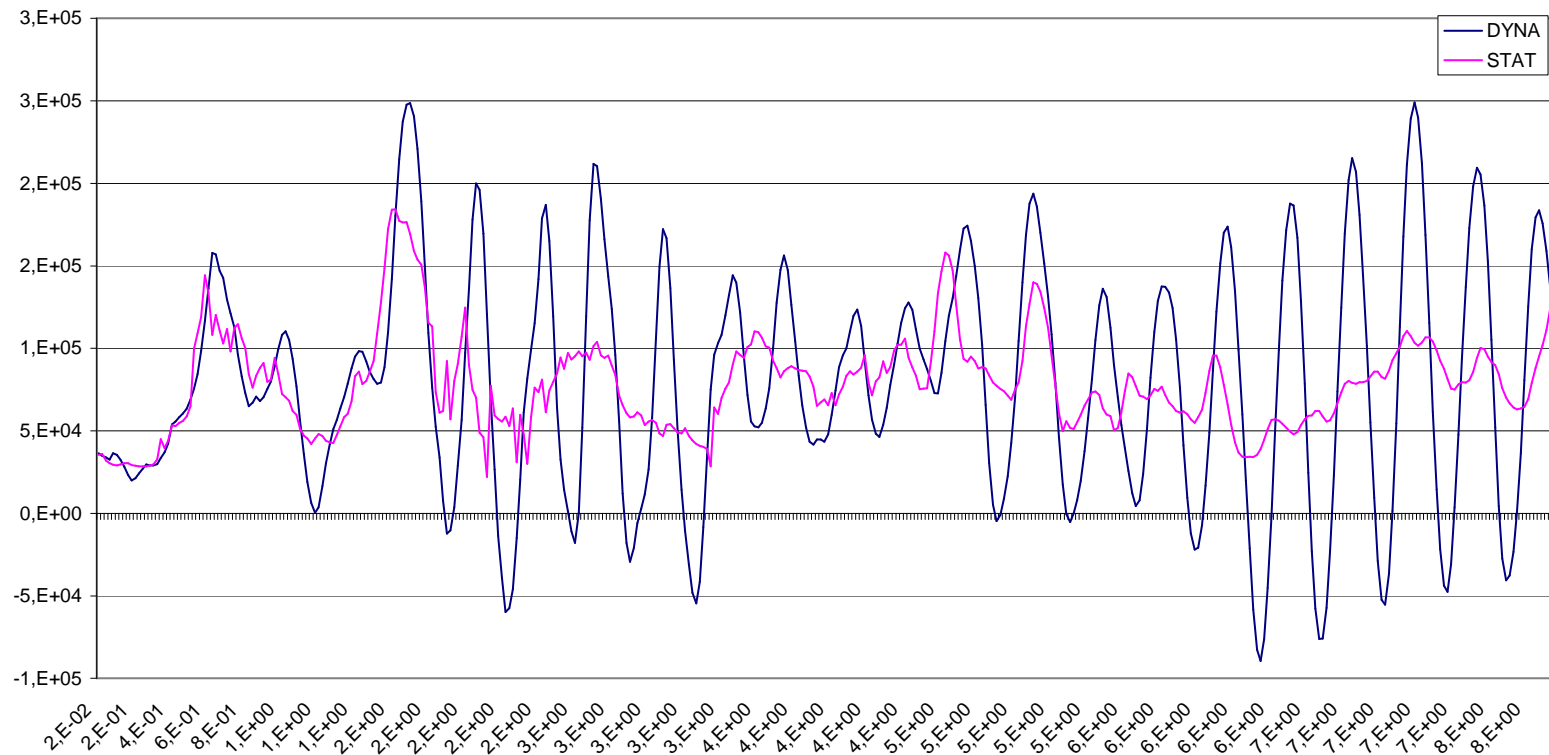


2. Effets dynamiques sur les pylônes

Pylône complet + Efforts dynamique → Efforts transmis aux fondations

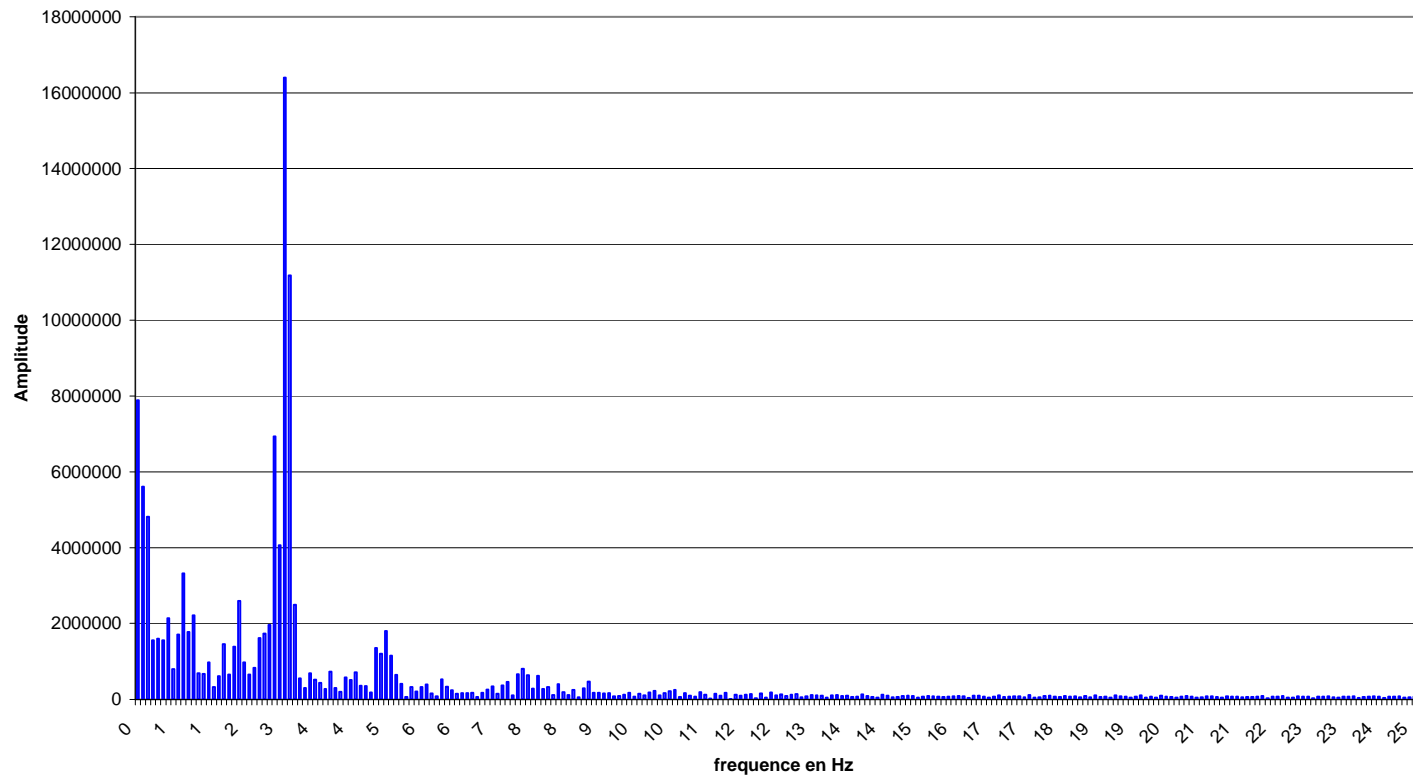
STAT_NON_LINE

DYNA_NON_LINE



2. Effets dynamiques sur les pylônes

Analyse spectrale des efforts

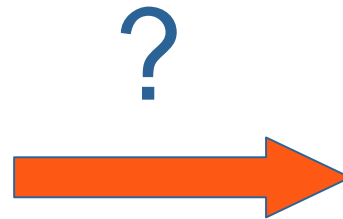


➔ Prise en compte des effets dynamique indispensable en cas de chargement brutal (rupture conducteur, décharge de givre, ...)

Modélisation des pylônes avec *Code_Aster*

1. État actuel et évolutions nécessaires
2. La dynamique
3. **Le post-élastique**
4. Les assemblages boulonnés
5. Les pylônes architecturés

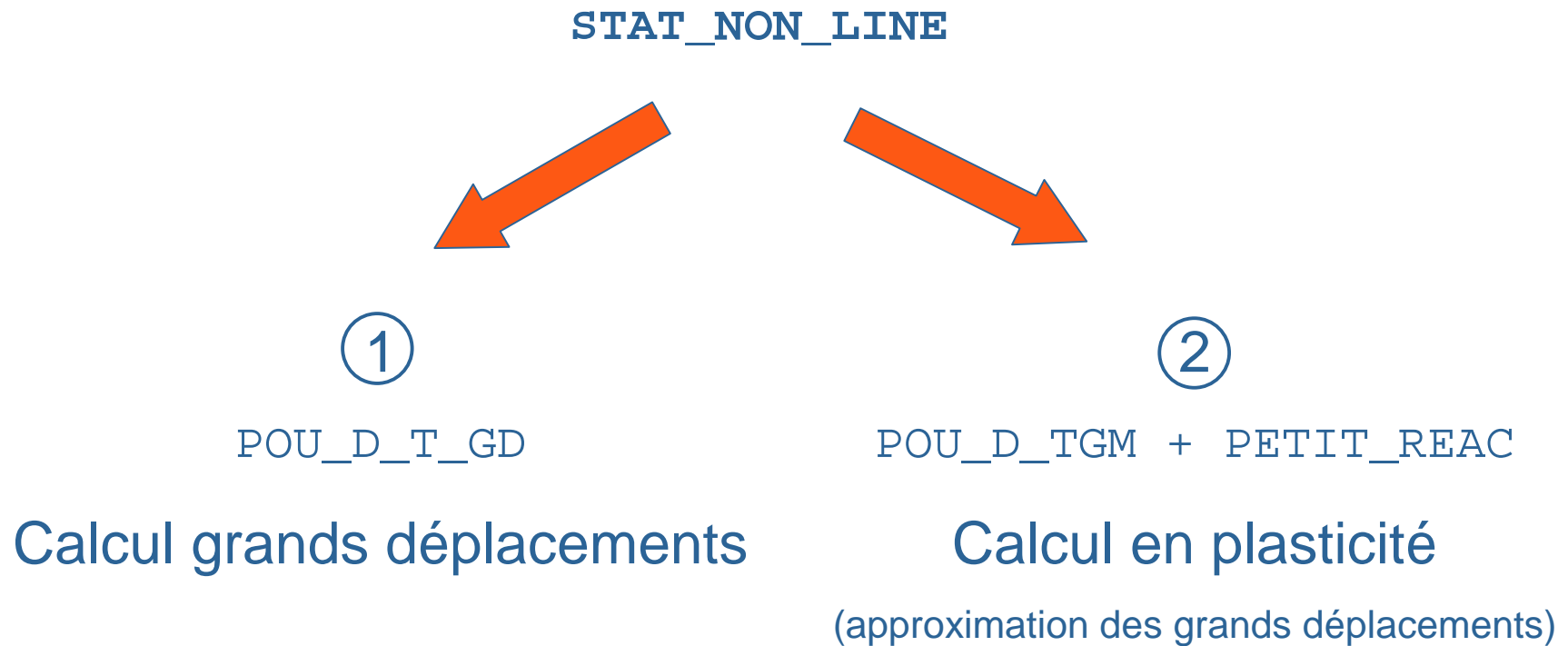
3. Le post-élastique



Que se passe-t-il après le début de la plastification / flambement

→ Ruine ?

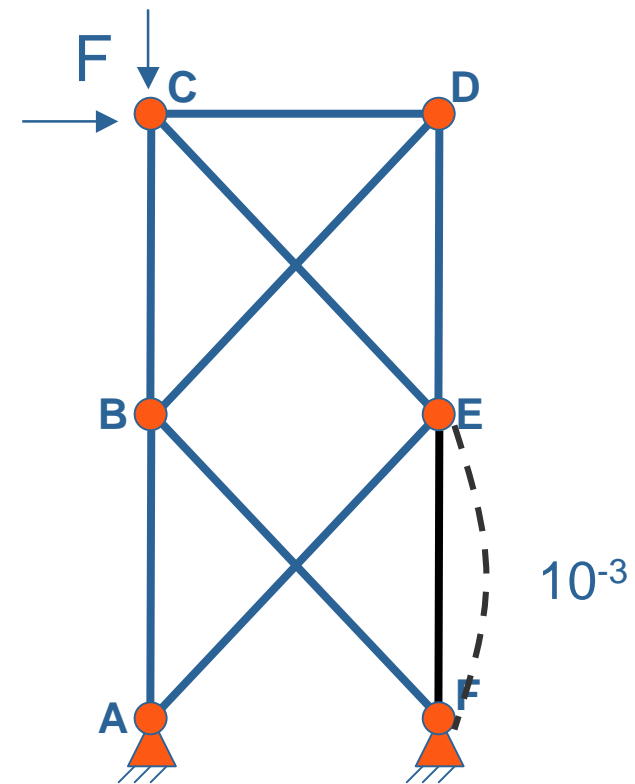
3. Le Post-élastique - Opérateurs testés



3. Le Post-élastique - Opérateurs testés

Structure test
+ pré-déformation
→ initier le flambement

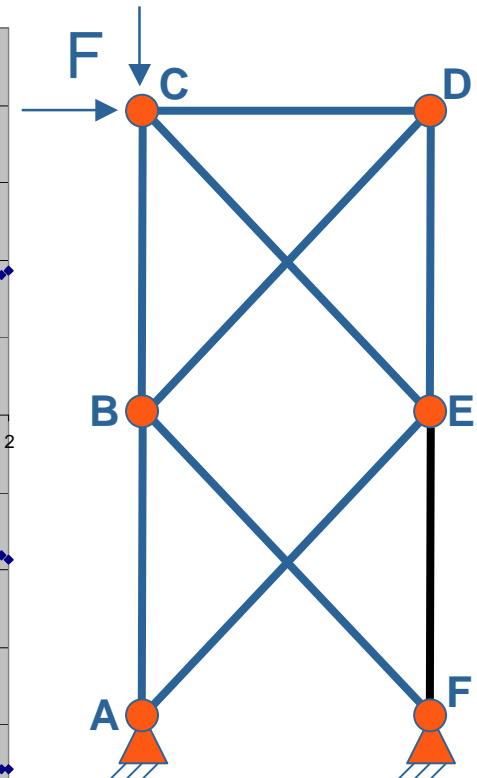
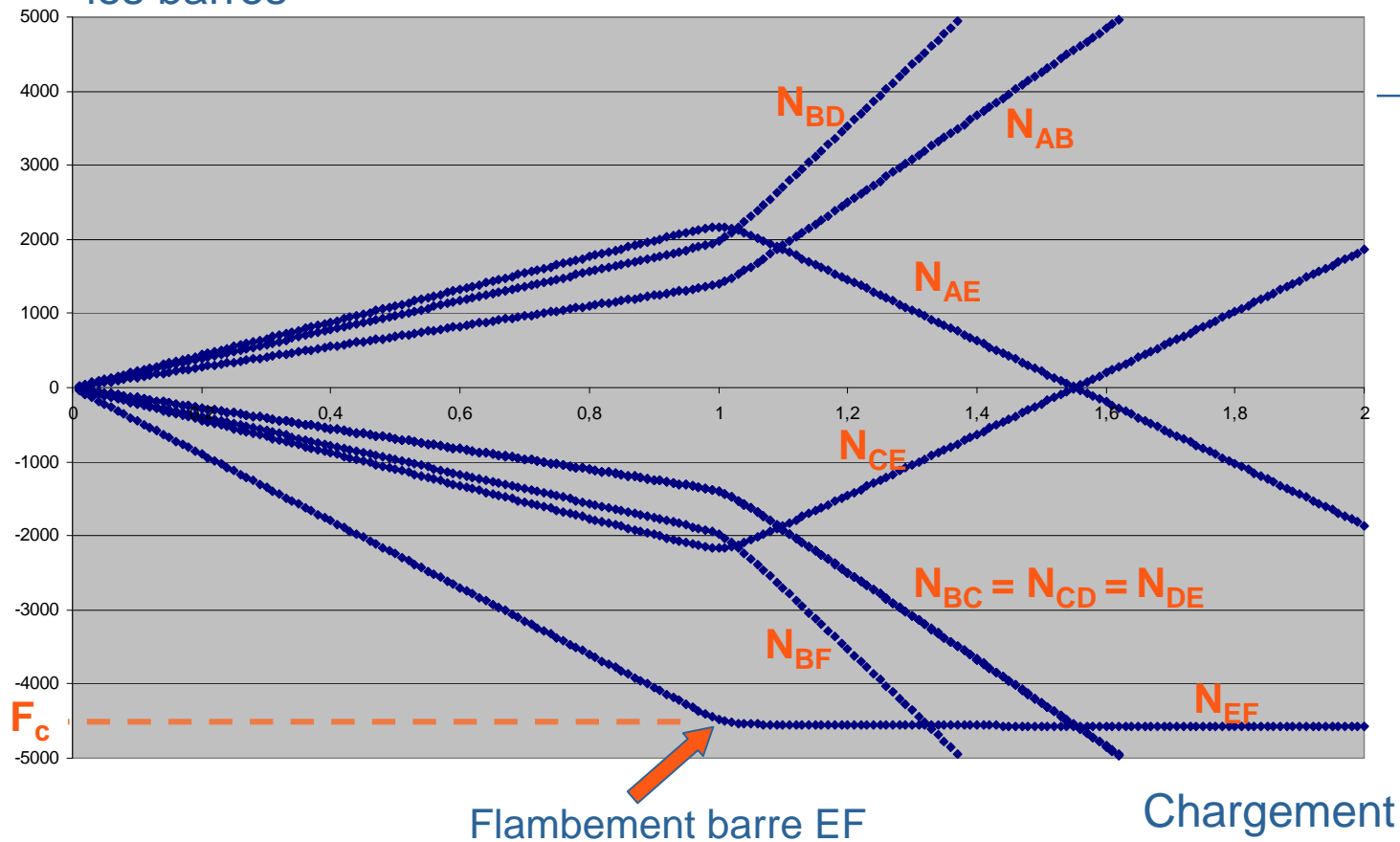
MODE_ITER_SIMULT
+
CREA_CHAMP + MODI_MAIILLAGE



3. Le Post-élastique

Premiers résultats obtenus (POU_D_T_GD)

Efforts dans les barres



3. Le Post-élastique

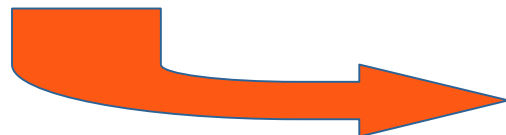
Premiers résultats obtenus

① POU_D_T_GD

→ robuste mais ne permet pas la modélisation de la plasticité

② POU_D_TGM + PETIT_REAC

→ plasticité progressive observée mais difficulté de convergence



développement d'un nouvel élément

3. Le Post-élastique

Développements envisagés

POU_D_TGM + cinématique GREEN_GR

→ Traitement des problèmes de plasticité en Grandes Rotations

→ Application à d'autres domaines que les pylônes (charpente métalliques...)

Modélisation des pylônes avec *Code_Aster*

1. État actuel et évolutions nécessaires
2. La dynamique
3. Le post-élastique
4. **Les assemblages boulonnés**
5. Les pylônes architecturés

4. Les assemblages boulonnés



- ✓ Ils représentent les conditions limites → flambement
- ✓ Ils sont le siège de l'amortissement → dynamique
- ✓ La raideur des assemblages influence la descente de charge

4. Les assemblages boulonnés

Modèle actuel → raideur forfaitaire dans les liaisons boulonnées

(~~plasticité, frottement, contact, ...~~)



Évolution de l'outil Everest

modélisation fine des assemblages boulonnés



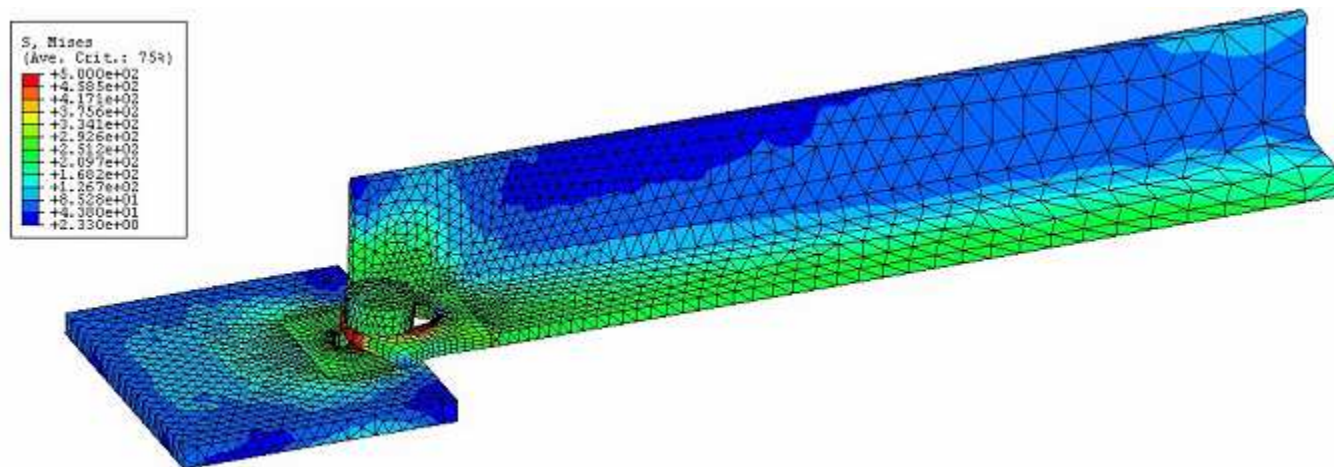
Collaboration CEMEF

élaborer un modèle simplifié

4. Les assemblages boulonnés

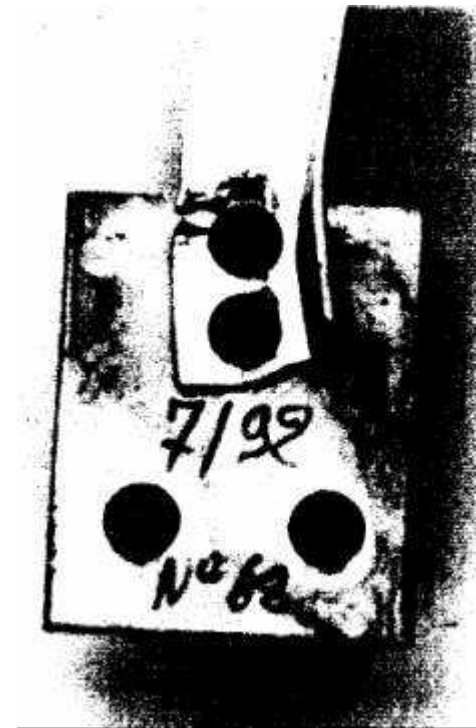
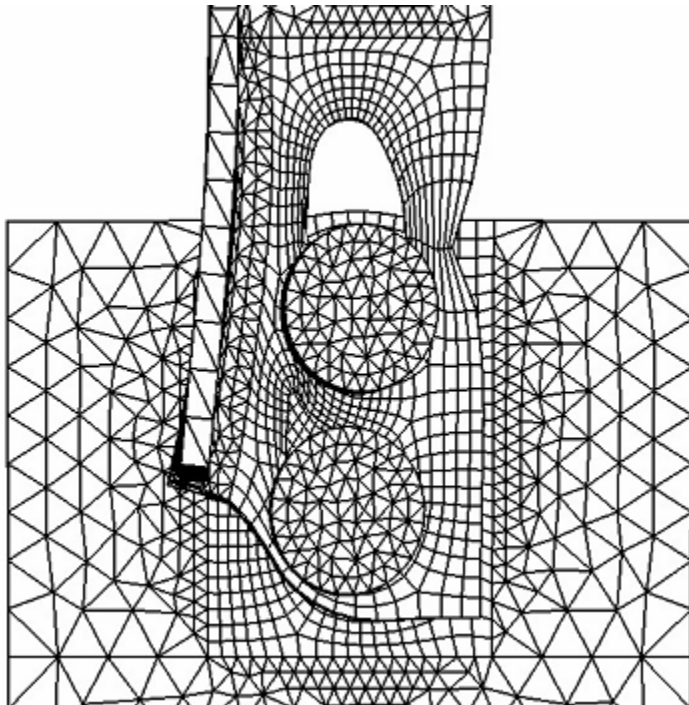
4.1. Identification du comportement exact d'un assemblage boulonné

Modélisation fine 3D : → jeu,
→ contact,
→ frottement,
→ plasticité.



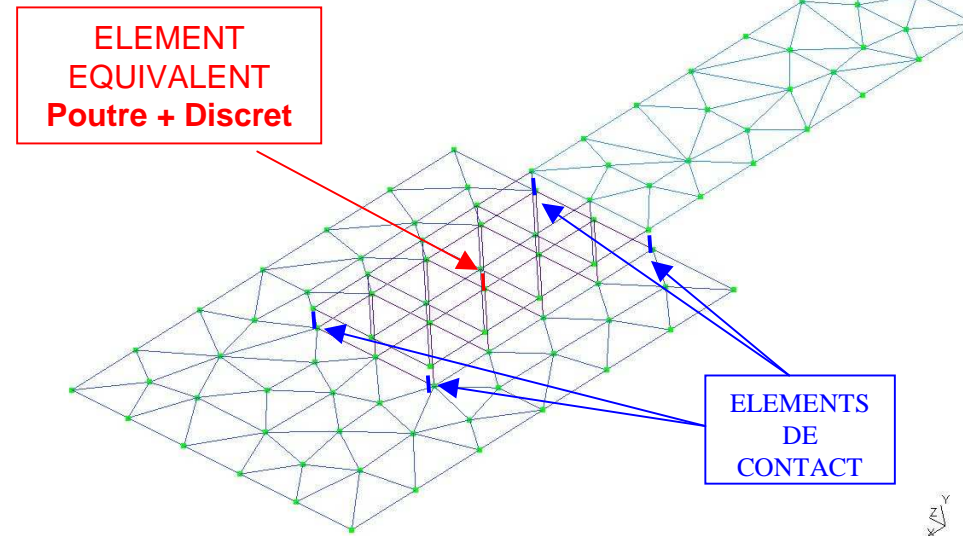
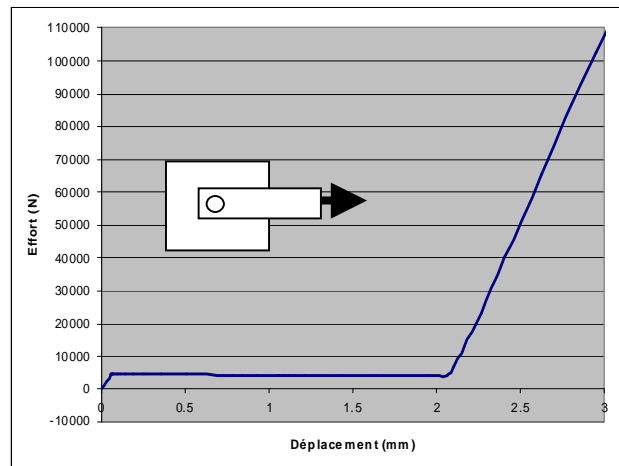
4. Les assemblages boulonnés

4.2. Validation par rapport à des essais antérieurs



4. Les assemblages boulonnés

4.3. Développement d'un élément équivalent dans ASTER

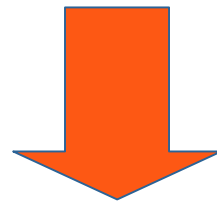


Paramètres de l'élément : données physiques (jeux, serrage, coefficient de frottement, ...)

4. Les assemblages boulonnés

4.4. Implantation dans EVEREST → fin 2006

(choix pour l'utilisateur des différents paramètres de boulonnage)



Sensibilité du calcul aux paramètres.

→ OTM juin 2007 : qualification numérique des supports (sans essais) ?

forte mise à contribution des modèles développés dans Aster (dérivé partielle...)

5. Les pylônes architecturés

Concours d'architectes 1994-95

→ meilleure acceptabilité des lignes lors des débats publics

Reprise d'une modélisation ancienne mise à jour

Étude inhabituelle par son aspect automatisé du post-traitement

5. Les pylônes architecturés : le Fougère (RFR)



5. Les pylônes architecturés : le Roseau (Mimram)



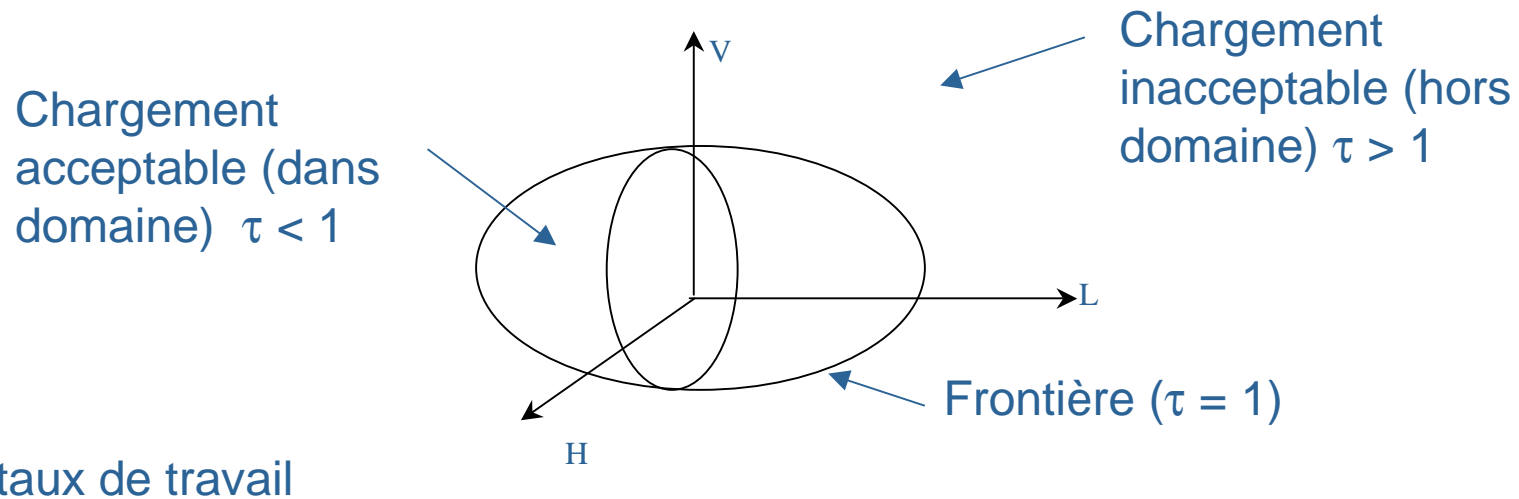
5. Les pylônes architecturés : Objectifs

Besoin du client : élargir l'implantation des pylônes

→ Être capable de connaître rapidement le taux de travail d'un support pour un cas de charge donné

Réponse proposée

→ Domaine d'utilisation en fonction des VHL (efforts sur le pylône)

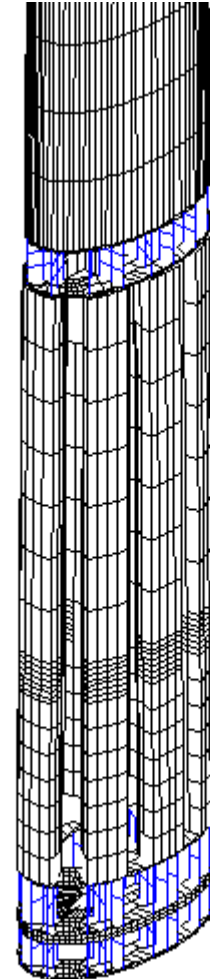
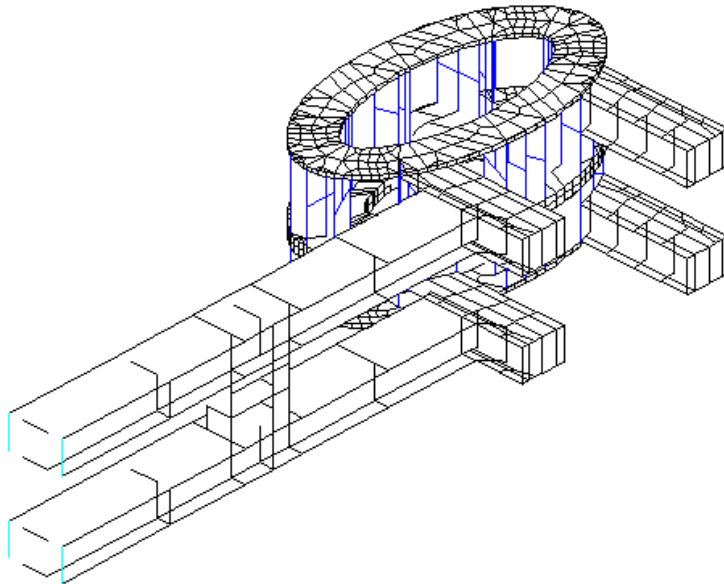


5.1 Maillage

MIMRAM (raidisseur platine – tubes niveaux 7 bis)

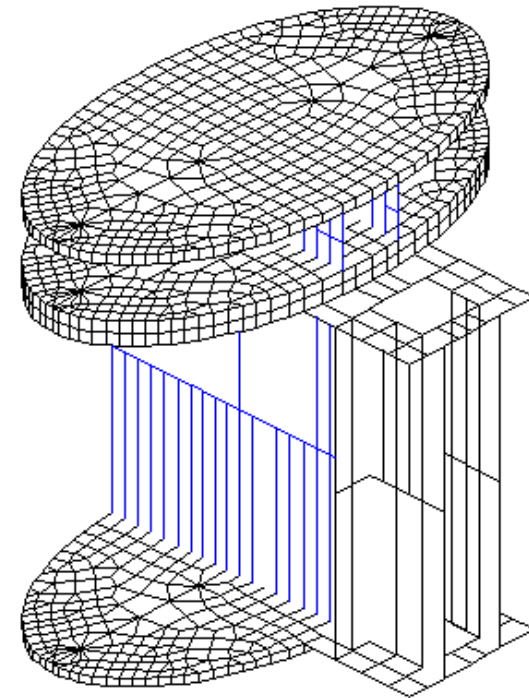
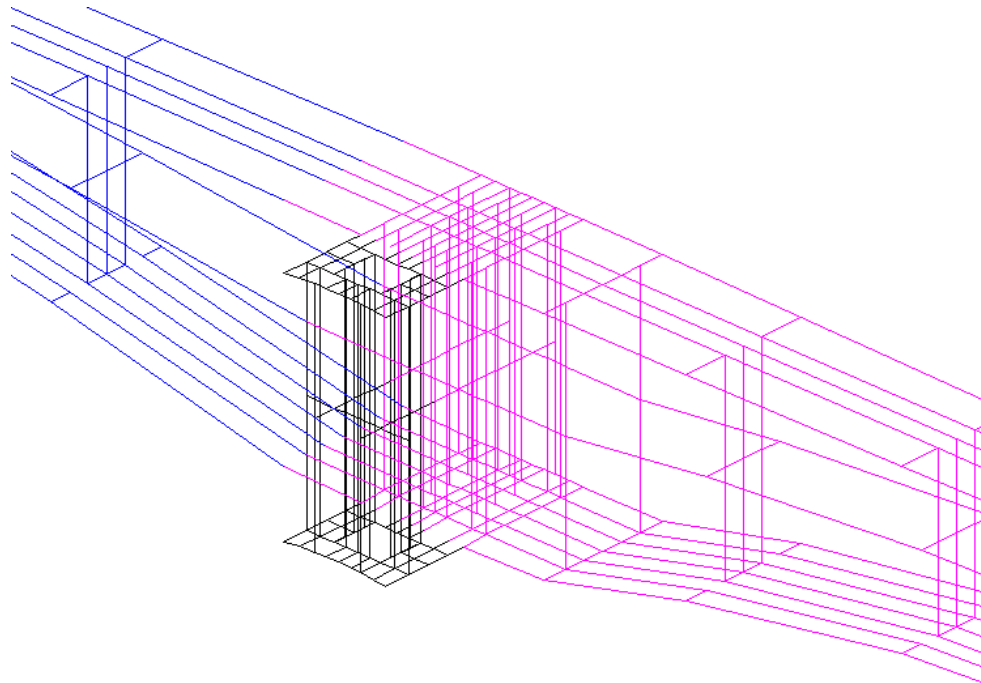
235 000 nœuds

238 000 éléments



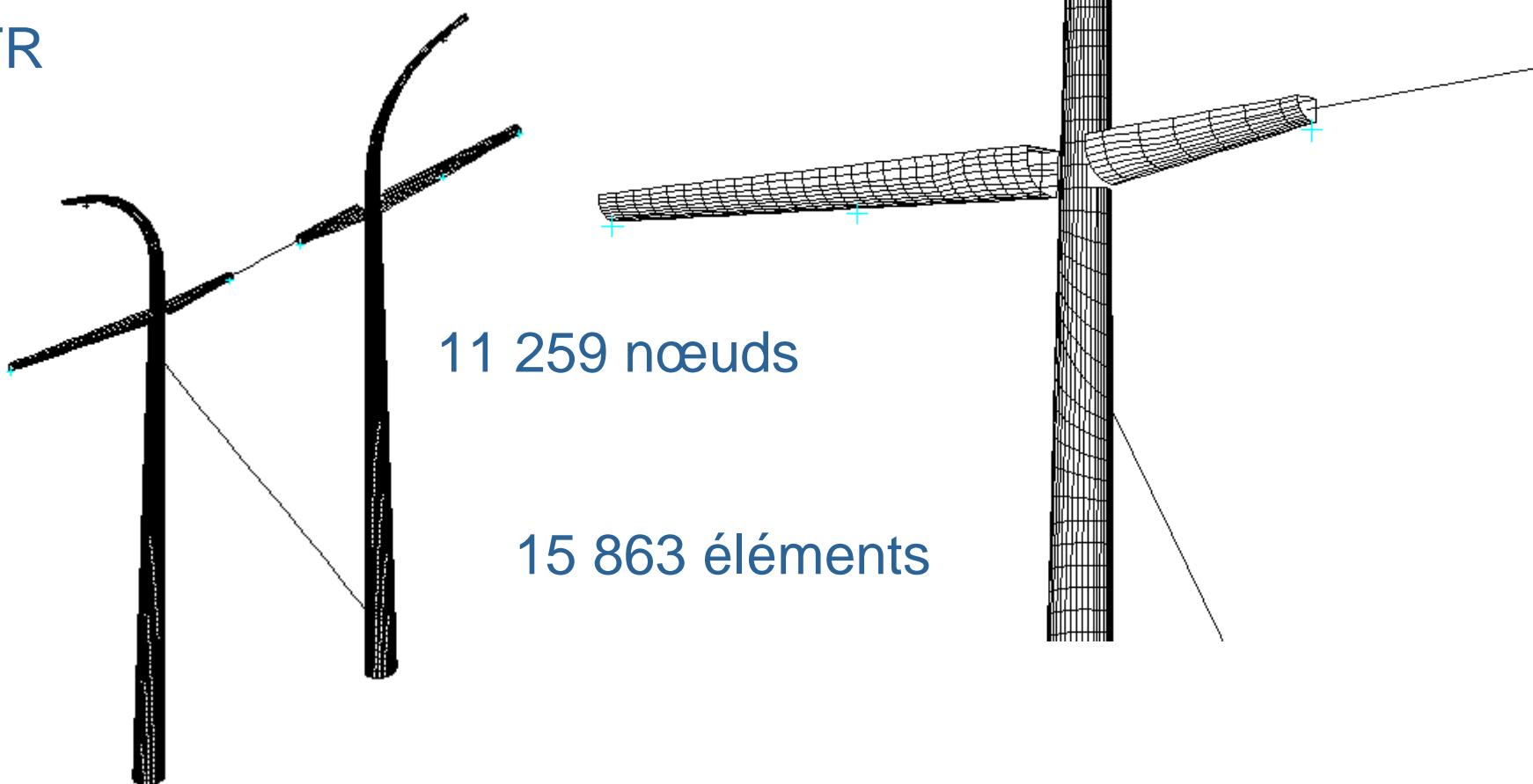
5.1 Maillage

MIMRAM (jonction bras - platine)



5.1 Maillage

RFR



5.1 Validation

Comparaison aux essais effectués à Sens

Support RFR

Déplacement sur un point d'accrochage

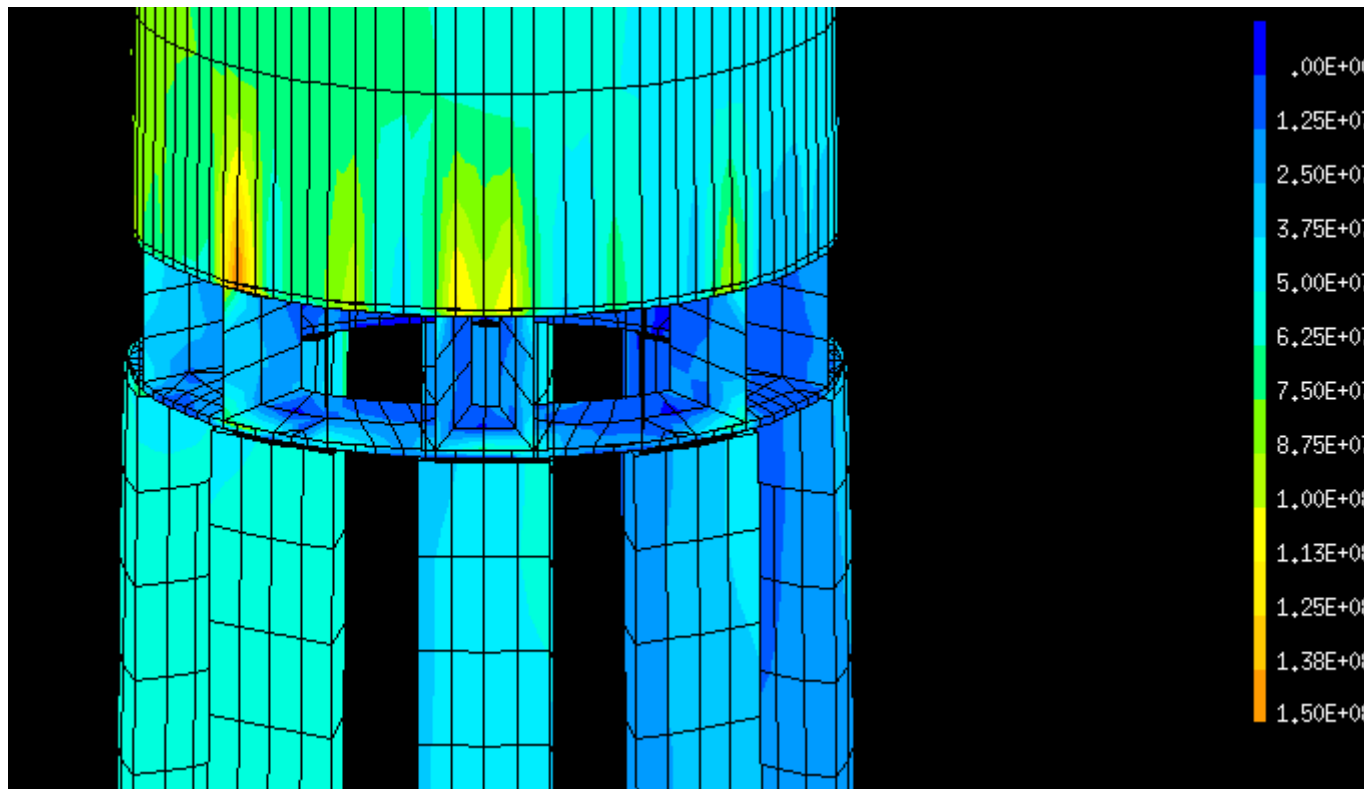
Hypothèse	Essais			Modèle existant			Modèle mis à jour		
	Ux	Uy	Uz	Ux	Uy	Uz	Ux	Uy	Uz
A	-30	-1	-53	-18	-1	-42	-40	-6	-52
Haubanage total	-22	1	-44	-11	2	-34	-27	3	-42
Givre02	-18	109	-31	-5	68	-19	-16	112	-24

5.2 Critères de tenue (taux de travail)

1- Plasticité

→ Pas de dépassement de la limite élastique $\tau = \sigma_{VM} / \sigma_E$

Calcul de la contrainte équivalente de Von Mises.



5.2 Critères de tenue (taux de travail)

2- Flambement

→ pas de dépassement de la charge critique

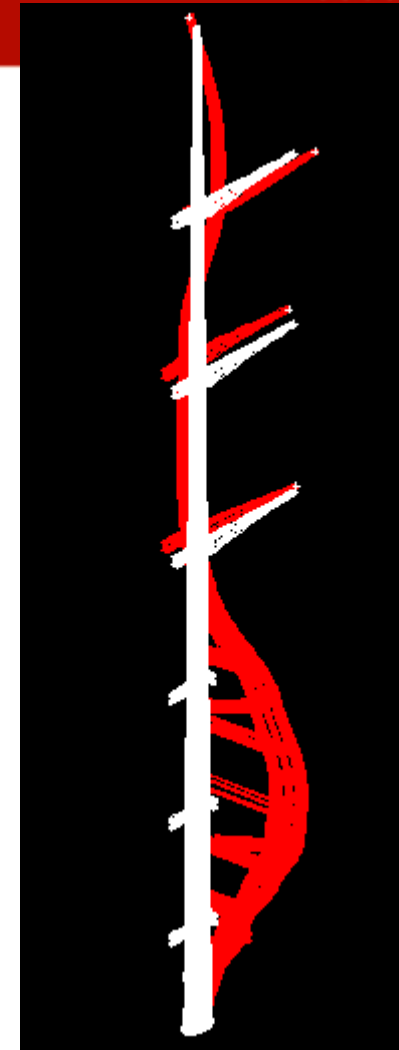
`MODE_ITER_SIMULT`

Cas du Mimram :

- 7h CPU
- 12Go requis (week-end)
- Arguments : `-max_base 50000`
- $\lambda = 4$ (1er mode)

(La charge critique vaut 4 fois la charge nominale)

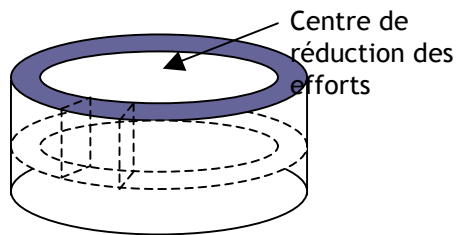
$$\tau = 1/\lambda$$



5.2 Critères de tenue (taux de travail)

3- Boulons

- pas de dépassement des efforts admissibles
- Calcul des efforts généralisés dans les sections boulonnées (Aster)
- Calcul des efforts exercés sur chaque boulon (Macro Excel)



- Calcul des efforts admissibles (Norme)

cisaillement et traction

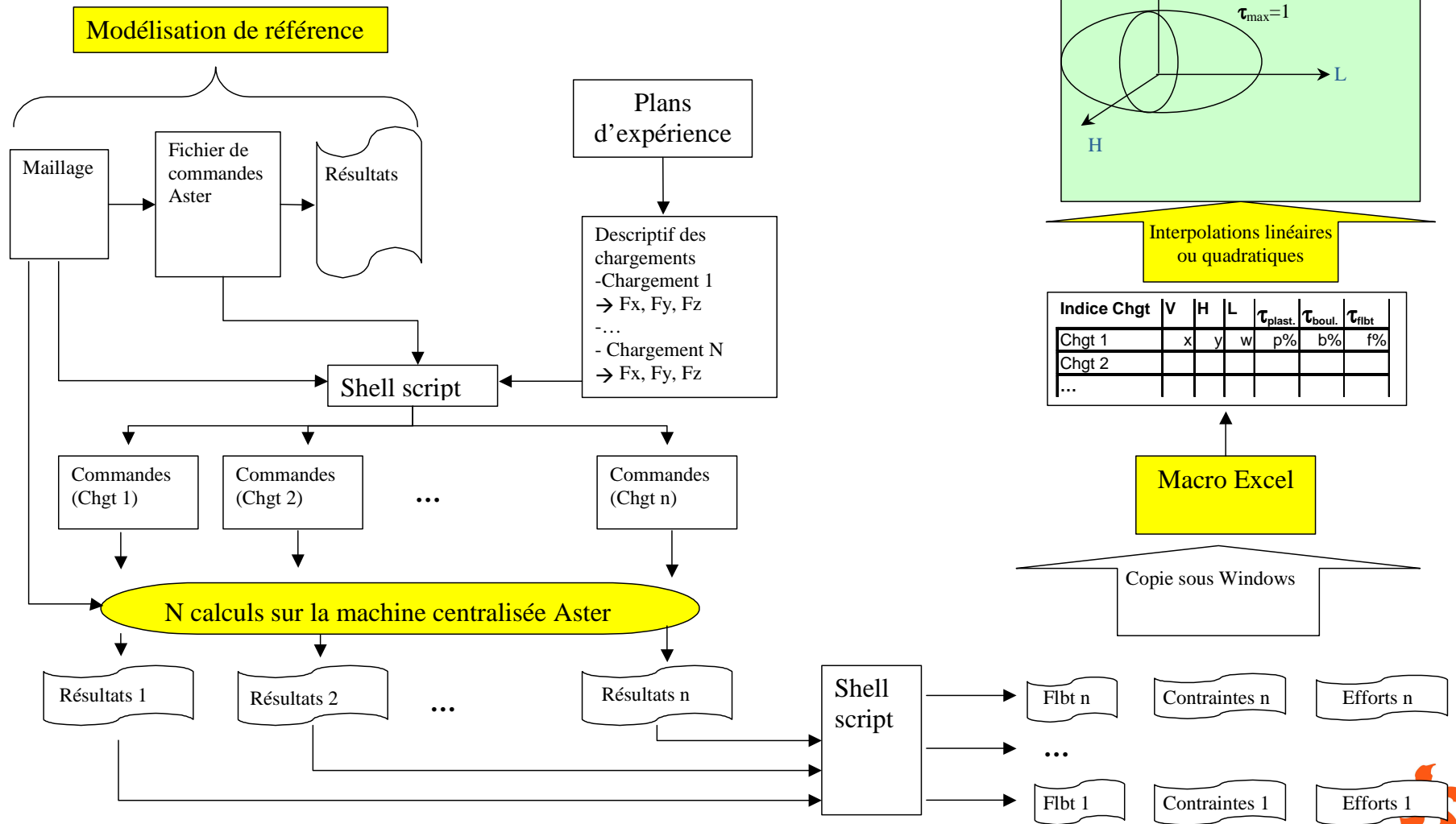
$$F_n = \frac{N}{n} + \frac{y}{\sum y_i^2} Mf_1 + \frac{x}{\sum x_i^2} Mf_2$$

$$F_{tr}^2 = \left(\frac{F_x}{n} - \frac{y_i M_z}{\sum a_i^2} \right)^2 + \left(\frac{F_y}{n} + \frac{x_i M_z}{\sum a_i^2} \right)^2$$

- Taux de travail des boulons (Macro Excel)

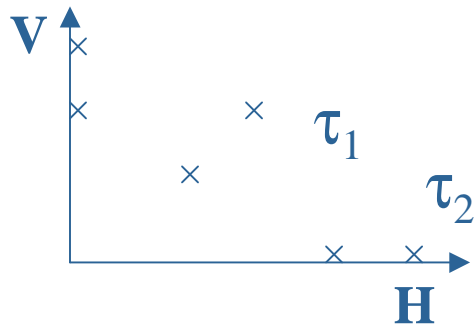
$$\tau = F / F_{adm}$$

5.3 Automatisation



5.4 Domaine d'utilisation

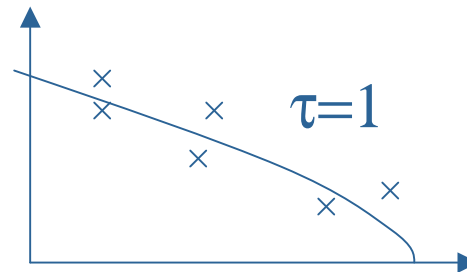
Interpolation : On procède par « quartier » de l'espace et par mode de ruine



On interpole les taux obtenus par une fonction quadratique / linéaire :

$$\tau(V, H, L) = m_1V + m_2H + m_3L + m_4V^2 + m_5H^2 + m_6L^2 + m_7VH + m_8VL + m_9HL + b$$

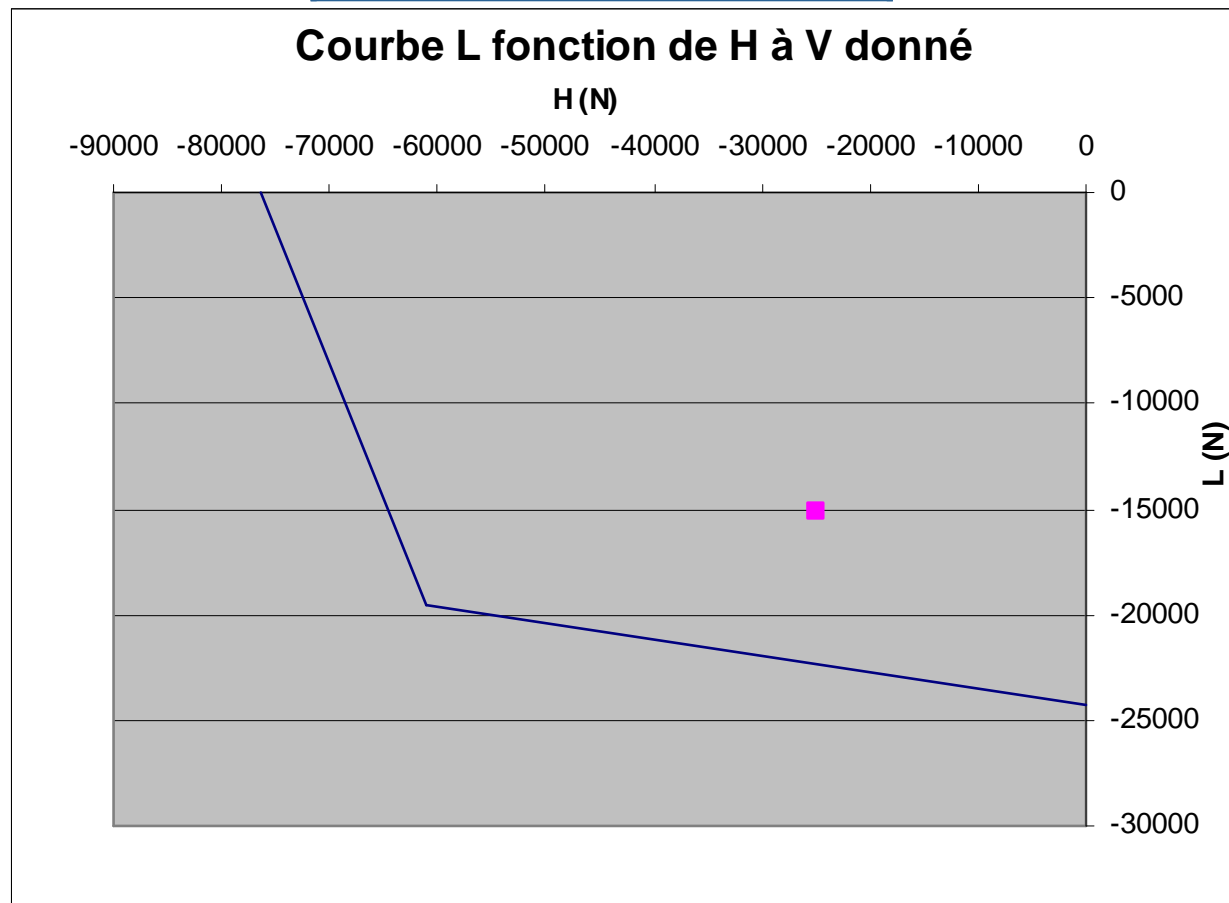
Recherche d'une bonne précision au voisinage de 1



5.4 Représentation graphique

Linéaire

V	H	L
-30 kN	-25kN	-15kN



Conclusions

Plusieurs chantiers entrepris

- Dynamique
- Post-élastique
- Assemblages boulonnés

→ modélisation toujours plus réaliste des structures treillis.

→ développements bénéfiques à la communauté Aster.

→ promotion du *Code_Aster* (auprès des partenaires).