

Analyse du couplage vibratoire entre la torsion d'une ligne d'arbres et la flexion de ses aubages

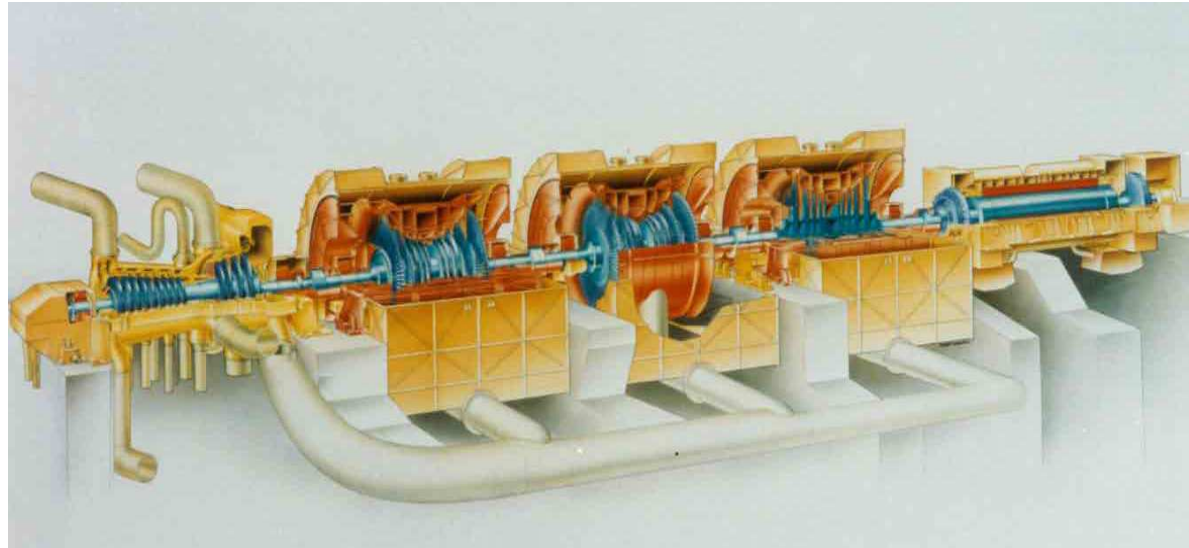
H. Andriambololona



Plan de la présentation

- ▶ Objectif
- ▶ Contexte
- ▶ Procédure de modélisation adoptée
- ▶ Mise en œuvre pratique
- ▶ Résultats obtenus
- ▶ Conclusion

Objectif



Groupe turbo-alternateur type N4

- Proposer une procédure de modélisation "efficace" de la ligne d'arbres permettant de considérer la flexion des ailettes des deux derniers étages des corps BP et la torsion de la ligne d'arbres

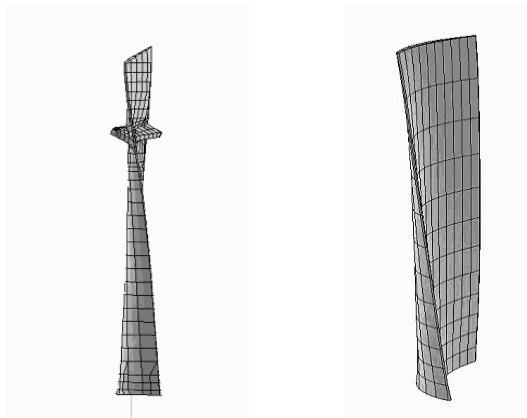
Contexte

- ▶ Existence de modes de flexion des ailettes des deux derniers étages des corps BP proches de la fréquence d'excitation électromagnétique de la ligne
- ▶ Susceptibilité de couplage de la torsion de la ligne d'arbres avec la flexion des ailettes dans le plan perpendiculaire à l'axe du rotor
- ▶ Les différents étages du corps BP n'ont pas le même nombre d'ailettes (dernier étage : 72 ailettes, avant dernier étage : 65 ailettes)
- ▶ La modélisation de la ligne d'arbres complète en éléments volumiques est rédhibitoire

Procédure de modélisation adoptée (1)

► Les ailettes en poutre équivalente

- **MACR_RECAL** (ajustement de modèle)
- Références :
 - Masse de l'ailette
 - Déformées modales
 - Fréquences propres
- Paramètres à ajuster :
 - Section
 - Module d'Young
 - Inerties

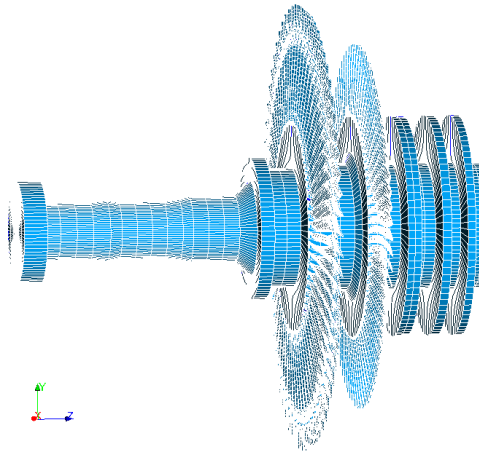


→ POUTRE / SECTION= 'GENERALE'

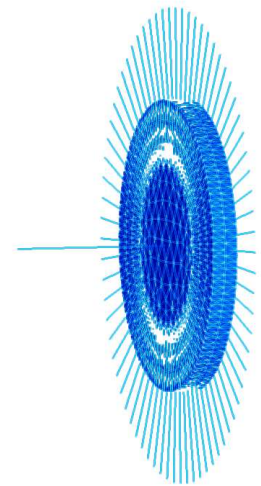
Procédure de modélisation adoptée (2)

► Modélisation d'un demi-corps BP

- Liaison : **3D_POU** (raccordement partie massive volumique avec partie filaire)
 - Ailettes : éléments filaires
 - Rotor : éléments filaires
 - Disques au niveau des deux derniers étages du corps BP : éléments volumiques



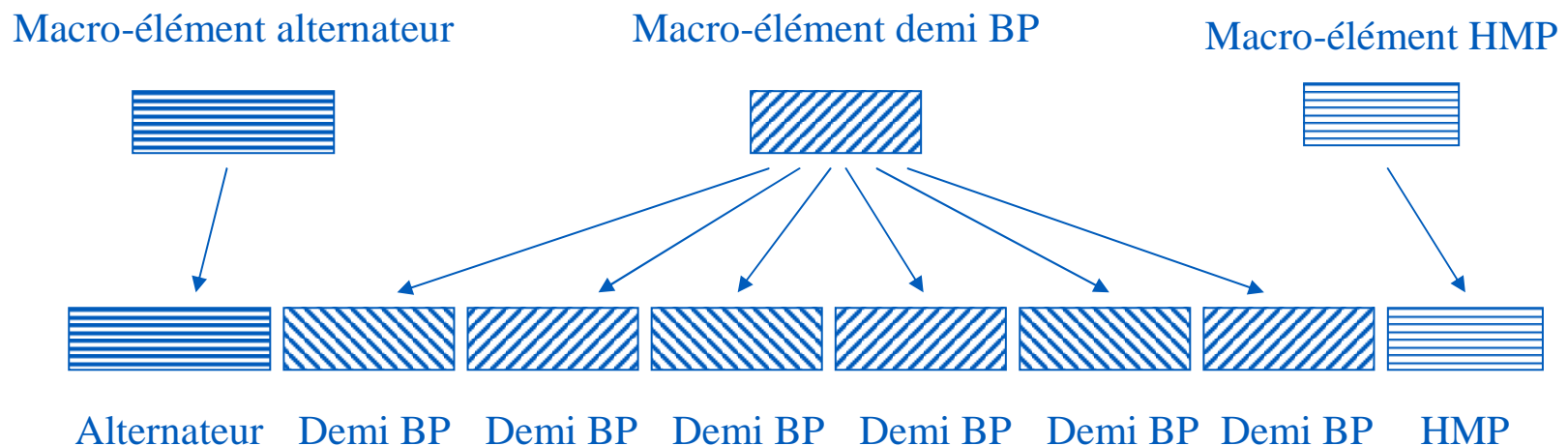
LIAISON_ELEM / OPTION= ' 3D_POU '



Procédure de modélisation adoptée (3)

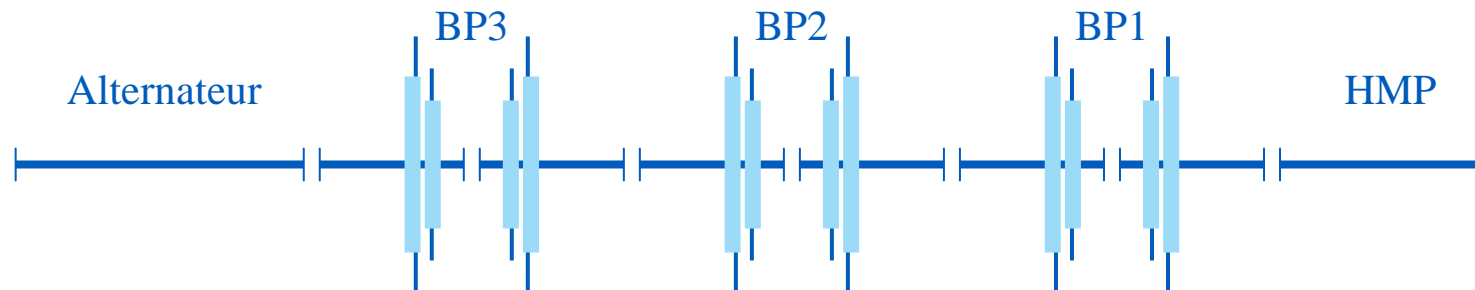
► Utilisation de la technique de sous-structuration dynamique

- Sous-structuration dynamique (réduction de modèle)
 - Partitionner la structure en plusieurs sous-structures
 - Projeter la sous-structure sur une base judicieusement choisie : macro-élément dynamique
 - Assembler les macro-éléments (continuité du champ de déplacement et nullité du travail des efforts à l'interface)
- **CREA_ELEM_SSD / ASSE_ELEM_SSD**
 - Trois macro-éléments dynamiques à créer : alternateur, demi-corps BP et corps HMP



Mise en œuvre pratique

- Modélisation de l'ailette terminale et de l'ailette avant dernier étage en poutres équivalentes
- Modélisation des disques des deux derniers étages du corps BP avec des éléments volumiques
- Raccordement disque – ailettes et disque - rotor
- Création de macro-éléments dynamiques : demi-corps BP, corps HMP, alternateur
- Assemblage des macro-éléments afin d'obtenir la ligne d'arbres complète



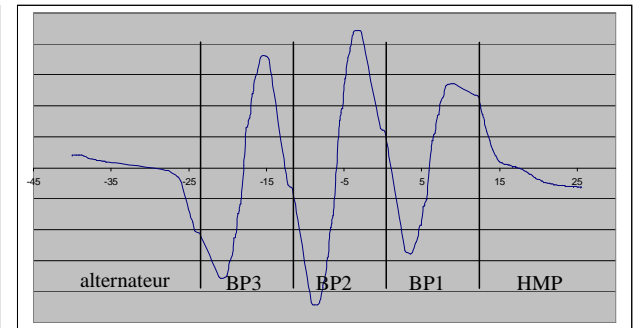
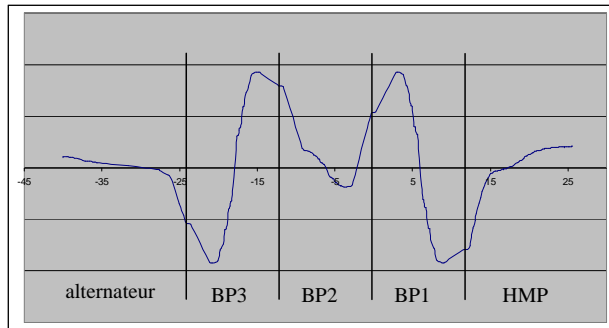
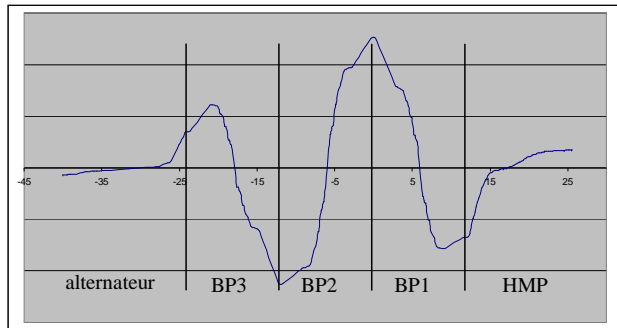
- Calcul modal sur le modèle généralisé
- Définition d'un squelette (maillage de visualisation)
- Restitution des résultats sur le squelette
- Analyse des modes de torsion de la ligne d'arbres

Contribution des différents composants en terme de pourcentage d'énergie modale

Description du mode	Contribution rotor (%)	Contribution ailettes dernier étage BP (%)	Contribution ailettes avant dernier étage BP (%)
Torsion 1	92.44	5.28	1.73
Torsion 2	91.02	6.36	2.01
Torsion 3	89.72	7.38	2.24
Torsion 4	88.73	8.15	2.42
Flexion – torsion : ailettes terminales en opposition de phase (flexion 1)	8.32	91.25	0.29
	7.98	91.60	0.28
	7.68	91.92	0.26
Flexion – torsion : ailettes terminales en phase (flexion 1)	5.26	93.56	1.02
	5.61	93.14	1.09
	6.02	93.66	1.15
Flexion – torsion : ailettes terminales en opposition de phase (flexion 2)	23.77	54.64	21.12
	22.60	55.27	21.68
	21.43	55.90	22.23
Flexion – torsion : ailettes terminales en phase (flexion 2)	0.89	44.00	55.07
	0.89	44.17	54.90
	0.88	44.35	54.72
Flexion – torsion : ailettes avant dernier étage en opposition de phase (flexion 1)	0.70	29.84	69.42
	0.69	29.99	69.28
	0.69	30.13	69.14
Flexion –torsion : ailettes avant dernier étage en phase (flexion 1)	7.93	50.37	41.56
	8.44	49.83	41.58
	46.67	28.81	24.42
Torsion corps HMP	53.87	25.54	20.52
Torsion alternateur	99.43	0.38	0.16

Illustration modes couplés torsion ligne d'arbres – flexion des ailettes

► Torsion le long de la ligne d'arbres

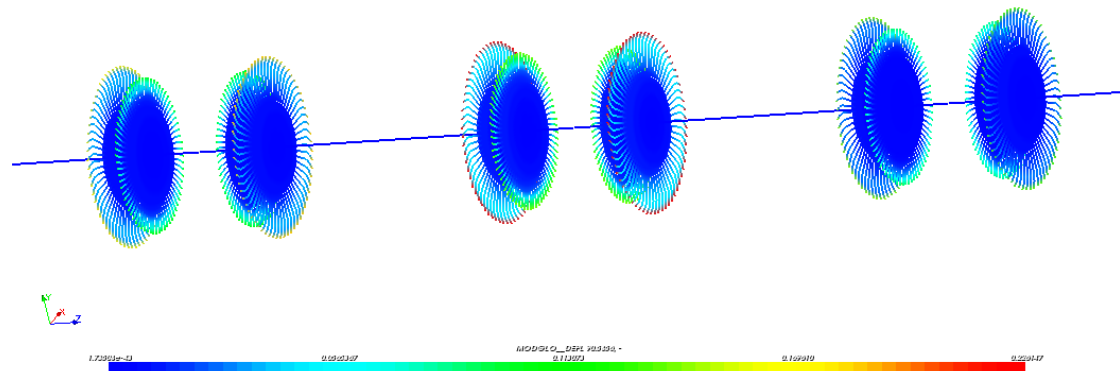


Mode à 89.9 Hz (torsion 5)

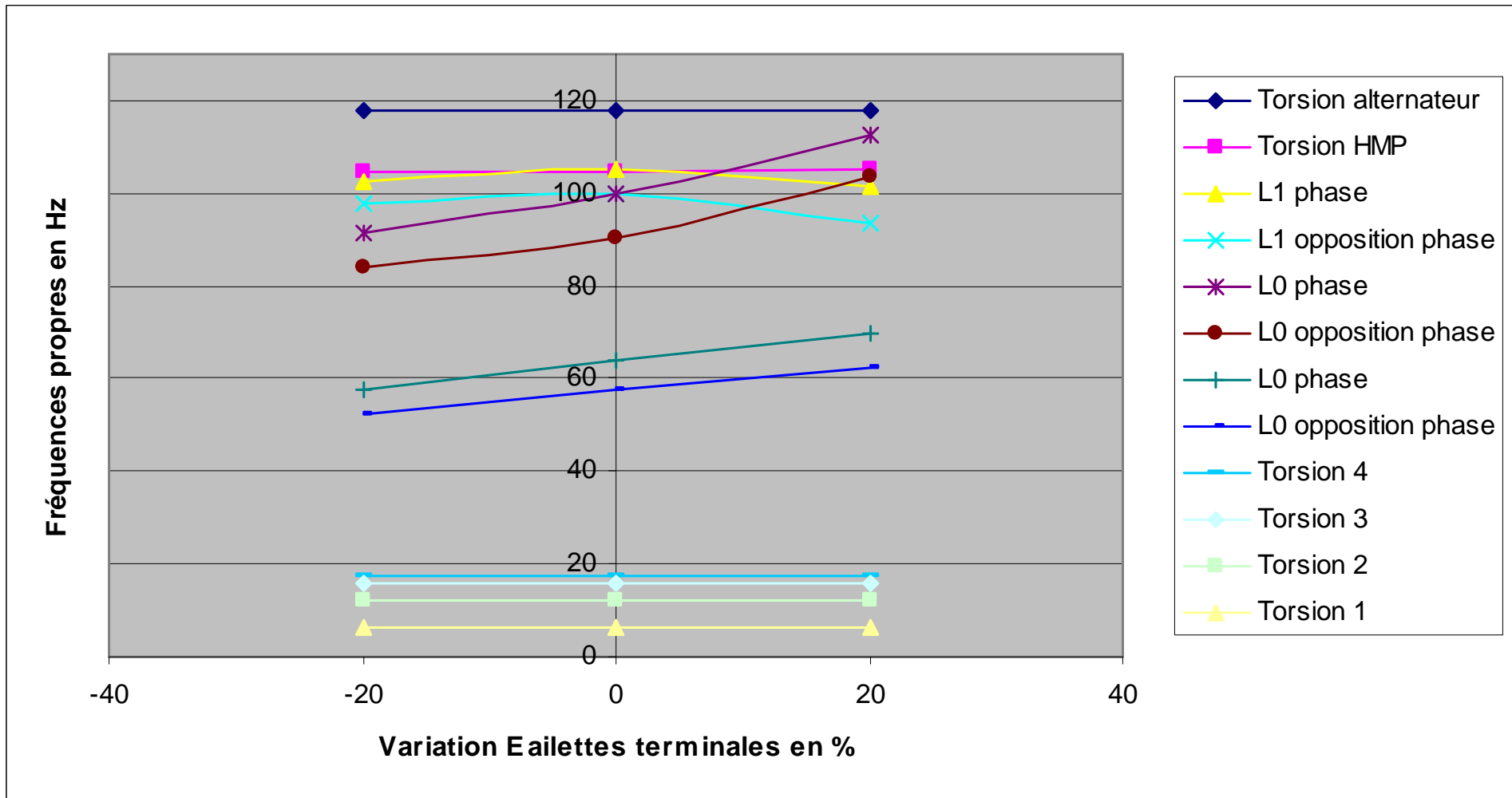
Mode à 90.2 Hz (torsion 6)

Mode à 90.6 Hz (torsion 7)

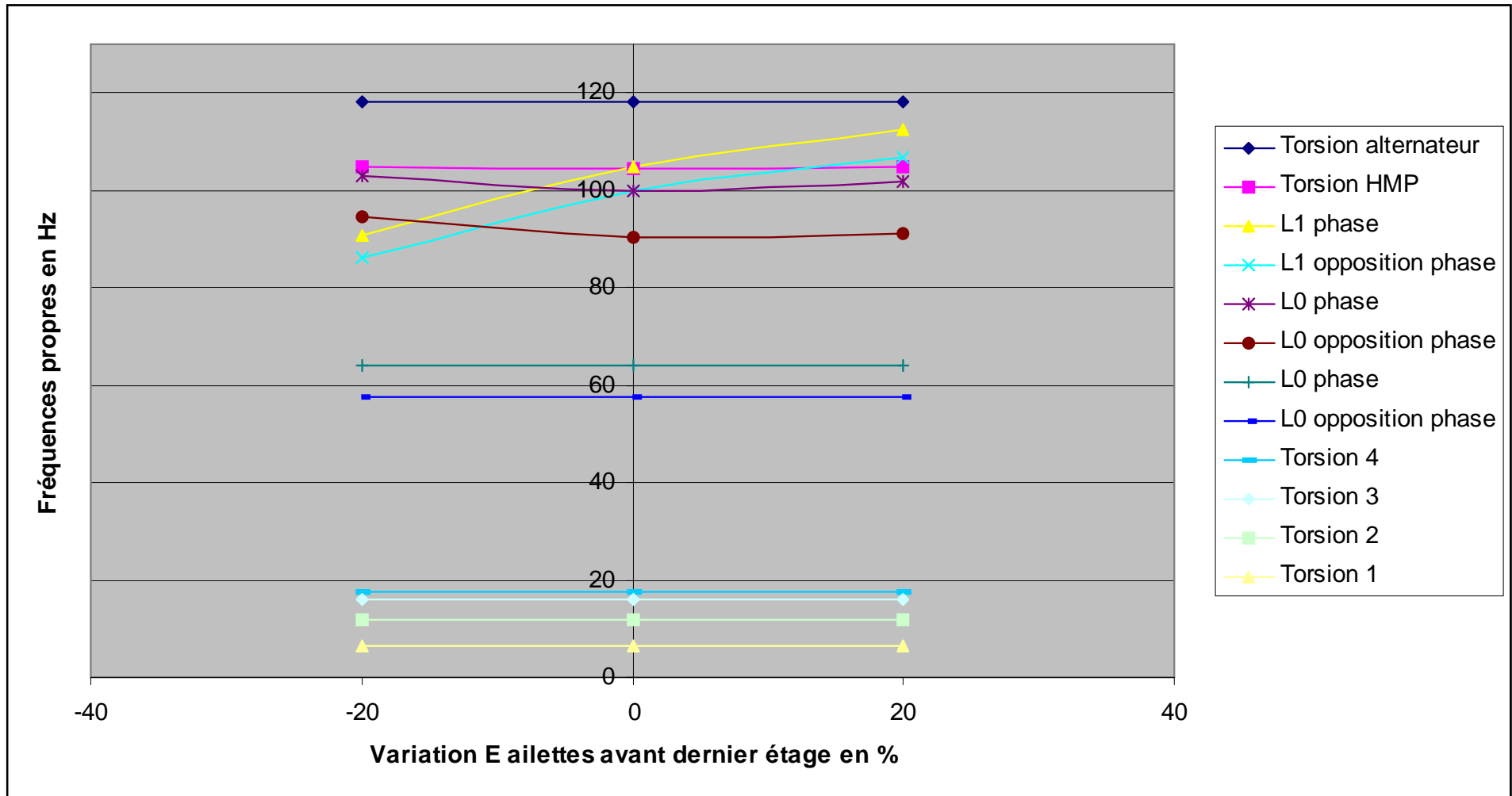
► Flexion des ailettes des deux derniers étages des corps BP



Sensibilité des fréquences propres par rapport à la rigidité des ailerettes terminales (L0)



Sensibilité des fréquences propres par rapport à la rigidité des ailettes avant dernier étage (L1)



Conclusion

- L'utilisation de la technique de sous-structuration dynamique (**CREA_ELEM_SSD** / **ASSE_ELEM_SSD**) et l'utilisation du raccord élément volumique/élément filaire (**3D_POU**) ont permis d'analyser le couplage entre la torsion de la ligne d'arbres et la flexion des ailettes
- Contrairement à une modélisation purement filaire (aubages infiniment rigides), on voit apparaître un triplet de modes qui contribuent simultanément à la torsion de la ligne d'arbres et à la flexion des ailettes des deux derniers étages des corps BP
- On montre également l'existence de couplage entre les ailettes des deux derniers étages du corps BP

- Cette méthodologie de modélisation est également applicable pour l'analyse de l'effet du désaccordement des ailettes sur les vibrations de l'aubage et de la ligne complète