

Modélisation du flambement de tubes hybrides acier- composite sous forte pression hydrostatique

Benoît Bigourdan

Dominique Choqueuse

Albert Deuff

**IFREMER - Centre de Brest
Ressources physiques et Écosystèmes de fond de Mer
Recherches et Développements Technologiques
Matériaux et Structures**

L'institut français de recherche pour l'exploitation de la mer



STPM 1861

SSPM 1899

OSTPM 1918

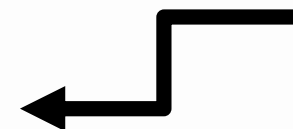
ISTPM 1953



1984

COMEXO 1961

CNEXO 1967



EPIC : Établissement Public à caractère Industriel et Commercial

Sous tutelle conjointe des ministères :

- de l'Enseignement supérieur et de la Recherche
- de l'Agriculture, de l'Alimentation, de la Pêche, de la Ruralité et de l'Aménagement du territoire
- de l'Écologie, du Développement durable, des Transports et du Logement

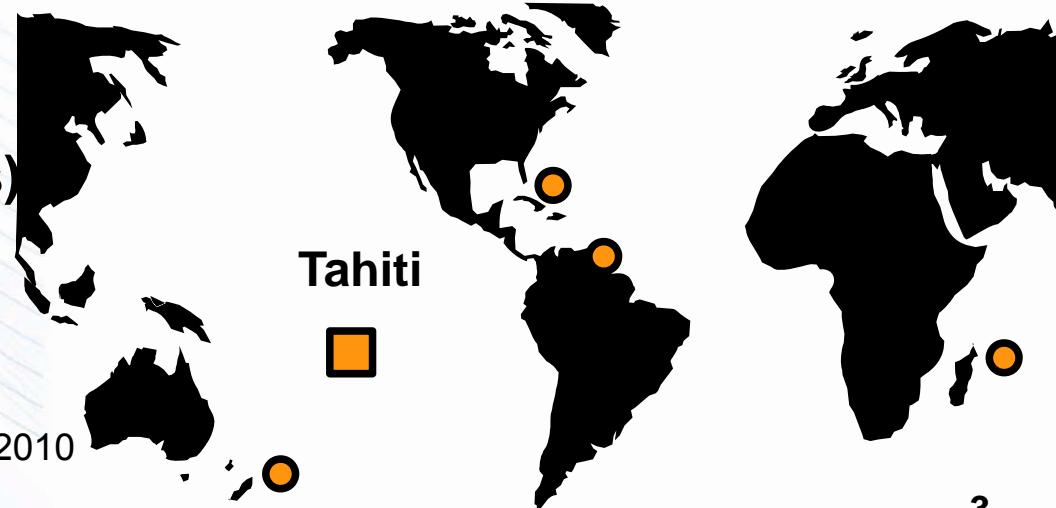
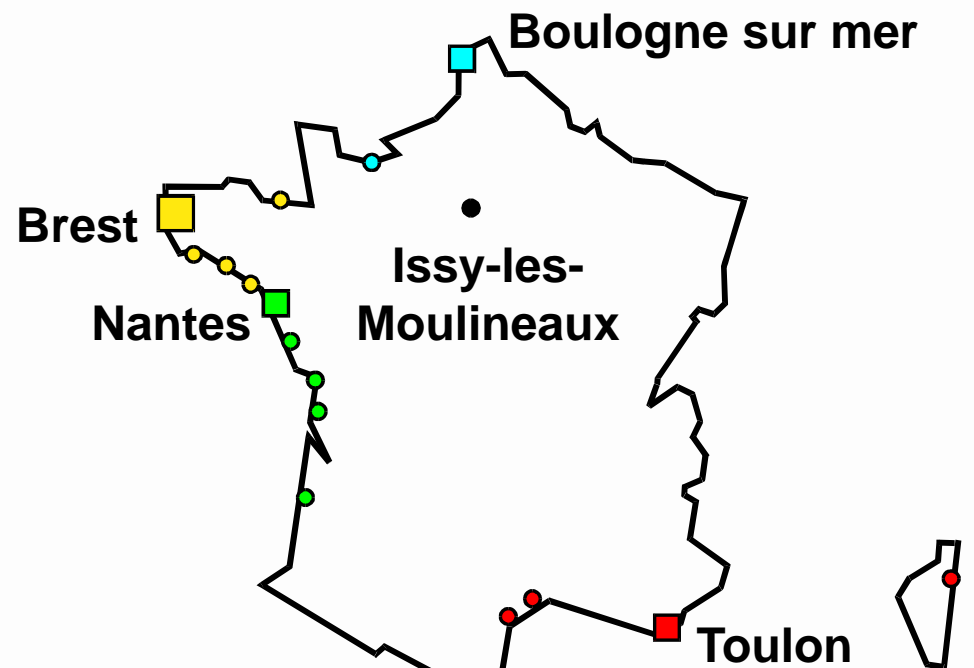
L'institut français de recherche pour l'exploitation de la mer

1 642 salariés* Ifremer
375 salariés Genavir

5 centres : Bretagne,
Manche-Mer du Nord,
Méditerranée, Atlantique,
Pacifique

26 implantations sur tout le
littoral métropolitain
et outre-mer

8 navires (dont 4 hauturiers)
1 submersible habité
1 ROV 6 000m & 2 AUVs



*au 31/12/2010

L'institut français de recherche pour l'exploitation de la mer



Missions de recherche,
d'expertise et d'agence de
moyens



Ifremer / Michel GOULLIQUET



Ifremer / Phare 2002



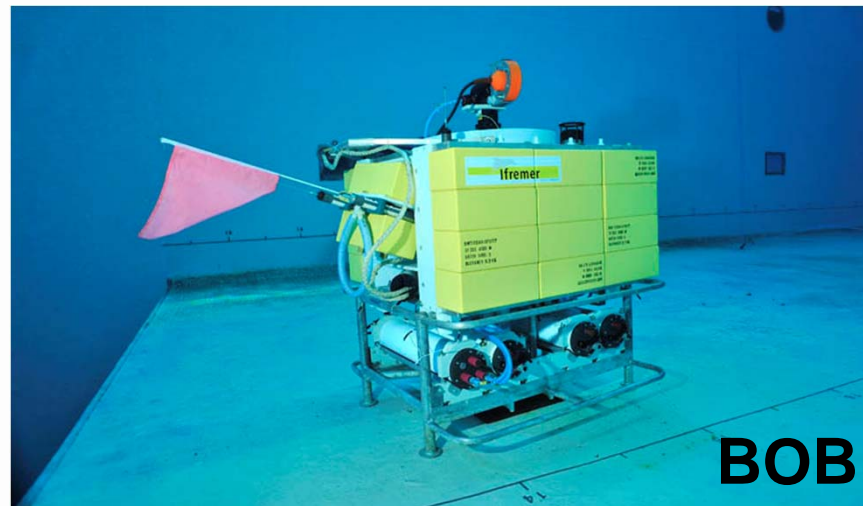
Ifremer / Momareto 2006 / M. Goullou

Instrumentations et structures sous-marines



Ifremer Olivier DUGORNAY

ARVOR



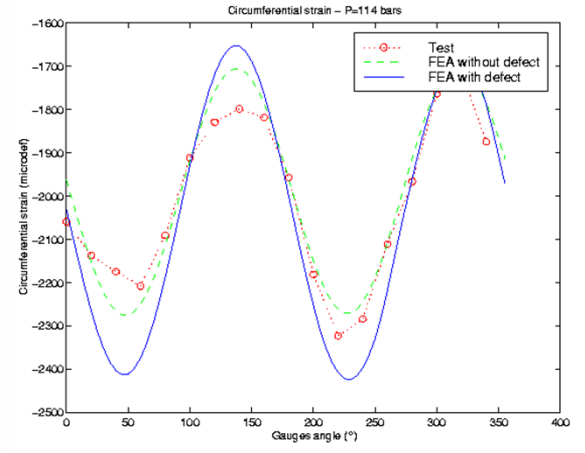
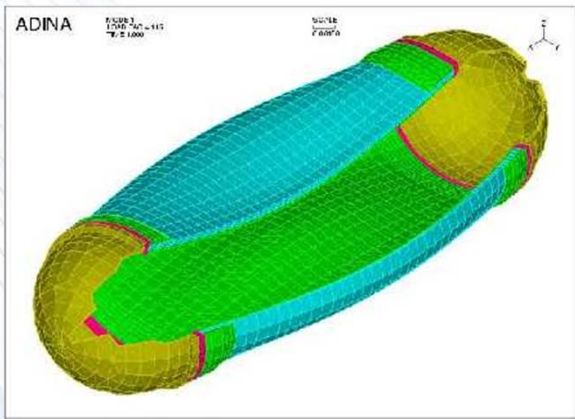
Ifremer Olivier DUGORNAY

BOB

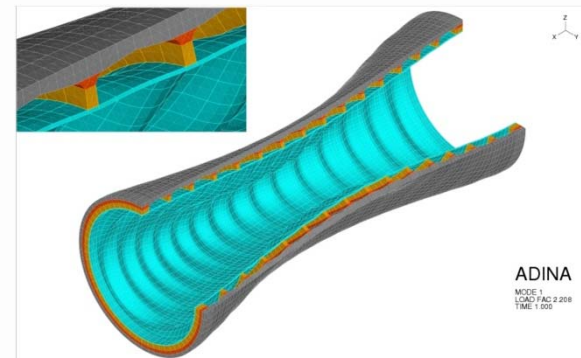
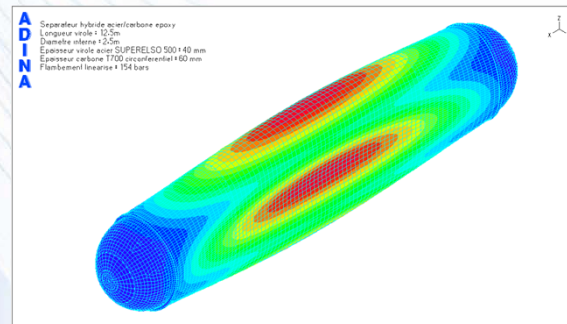
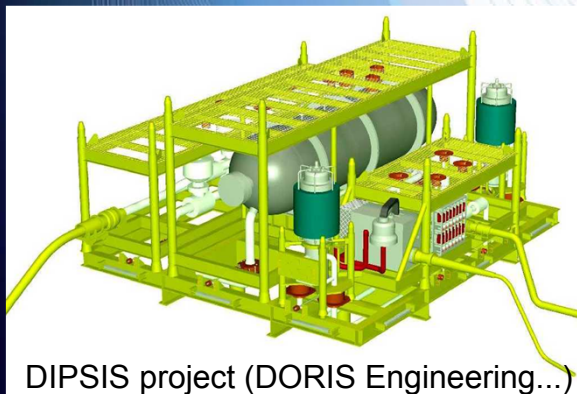
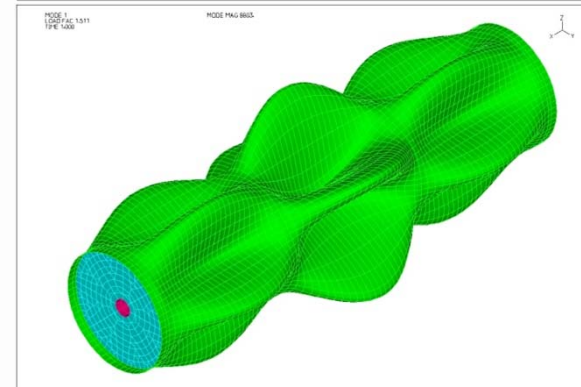
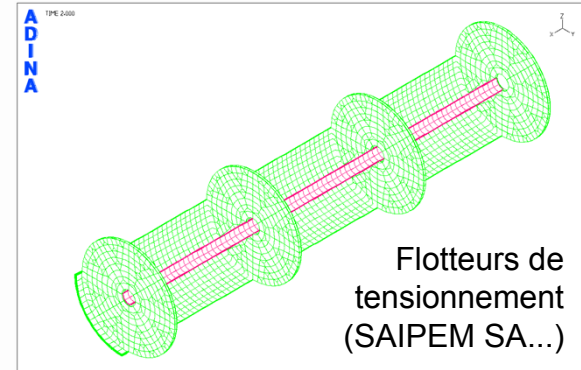
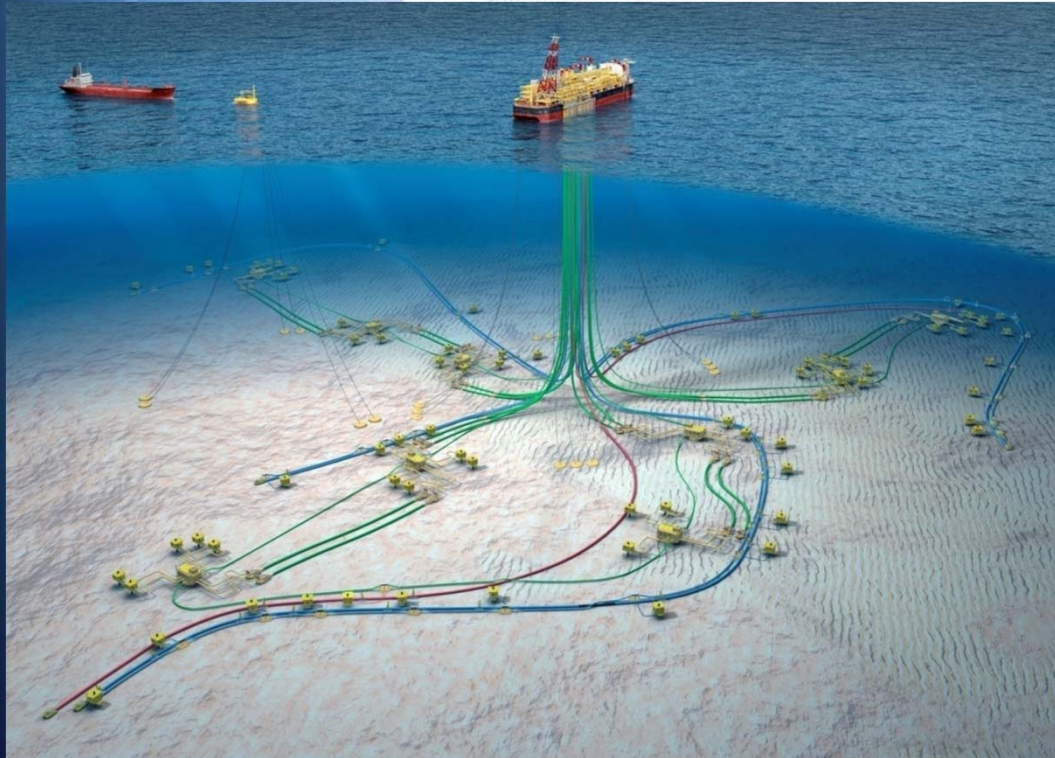


Ifremer Michel GOULLOU

Modélisations & tests



Collaborations : offshore pétrolier ...



Projet SEPCOMP (IFREMER...)

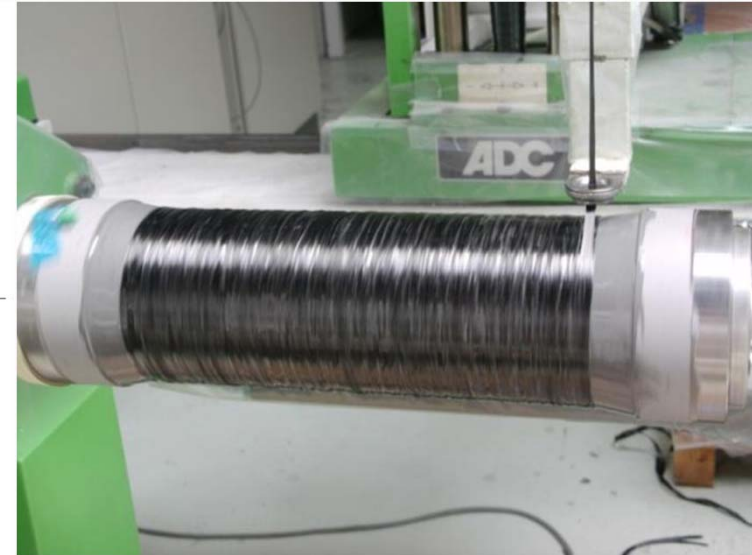
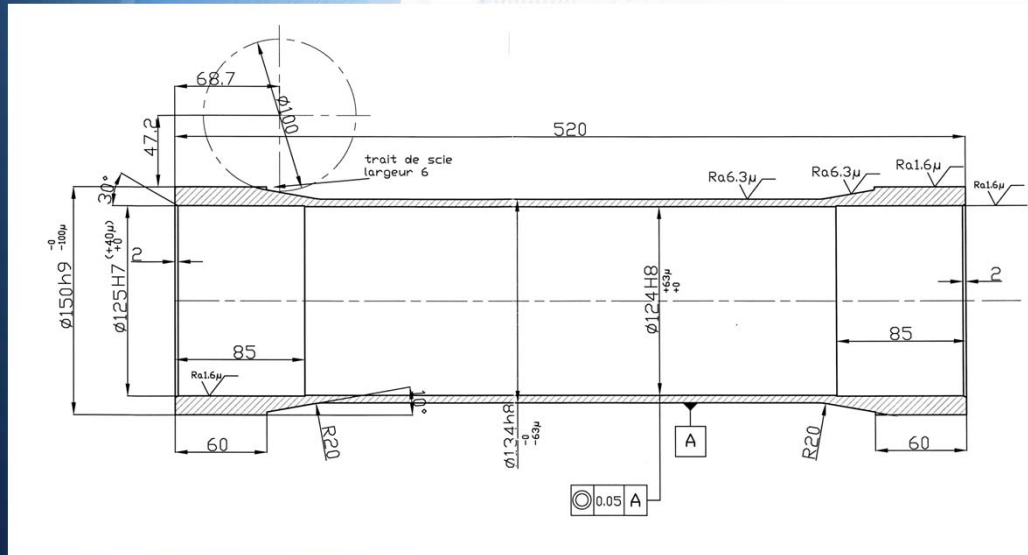
Tubes hybrides : Principe



+

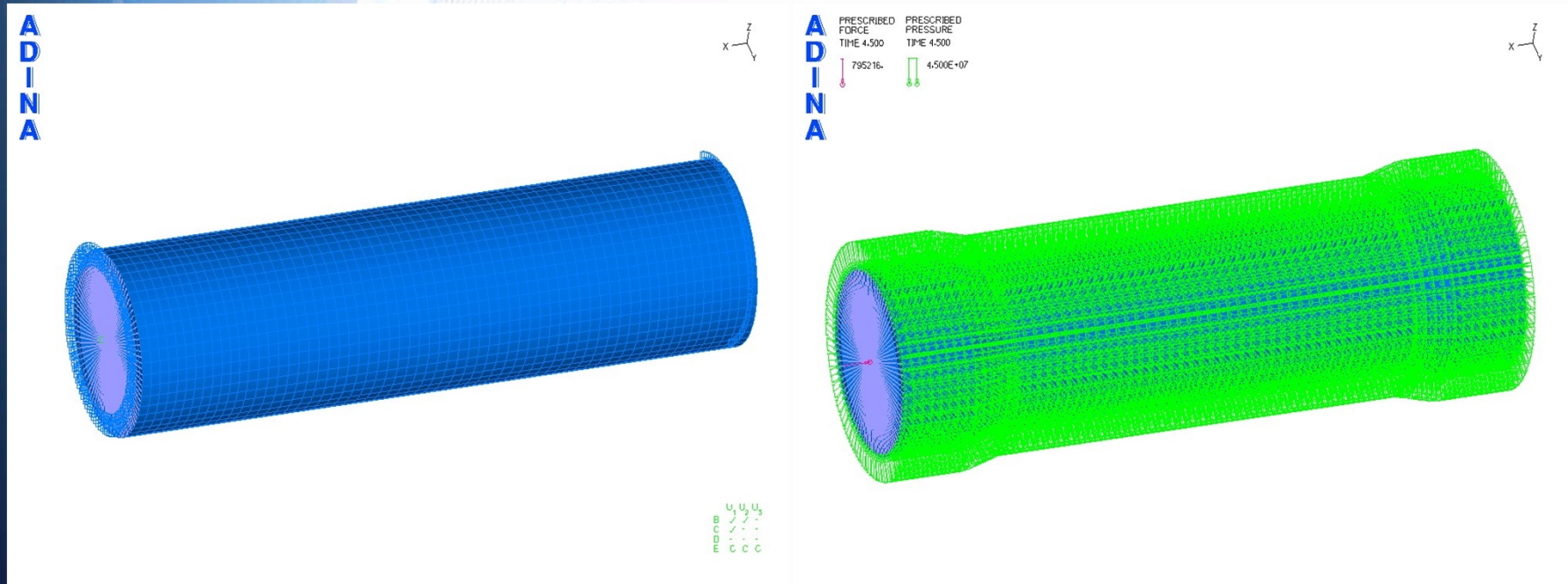


Tubes hybrides : Structures prototypes



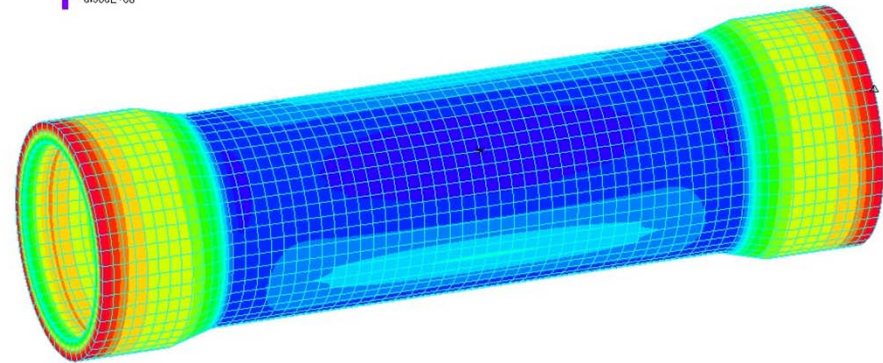
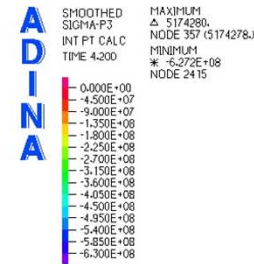
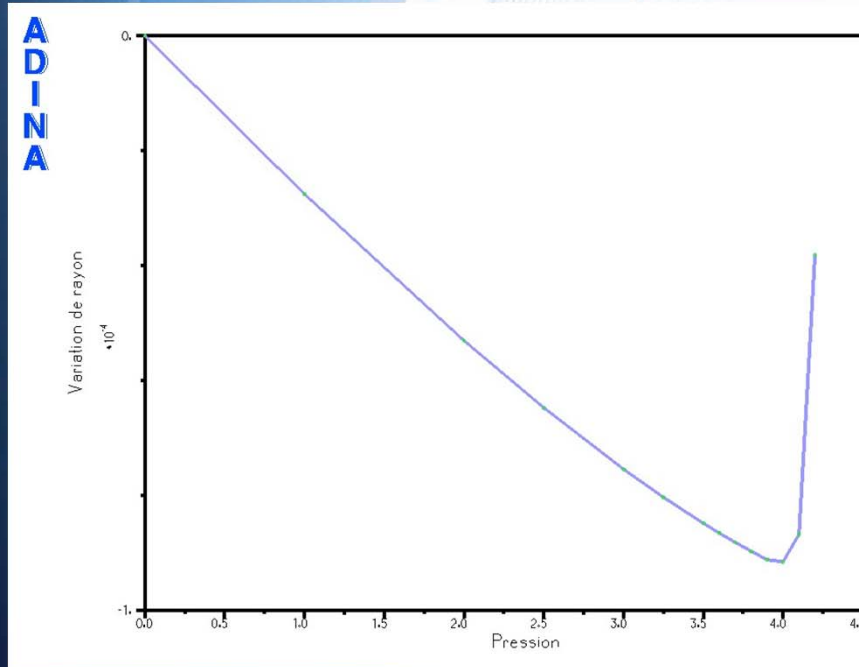
- Acier $E=215.GPa$ $R_e=510.MPa$ $R_u=681.MPa$ $A=22,7\%$
- Enroulement filamentaire carbone/époxy
 $E_j=114.GPa$ $E_t=9.GPa$ $G_{tl}=5.GPa$ $\nu_{tl}=0.022$
- 1 tube témoin droit + 1 tube témoin usiné
- 5 tubes hybrides $13mm\ acier \rightarrow 5mm\ acier+8mm\ carbone$

Tubes témoins : Modélisations éléments finis



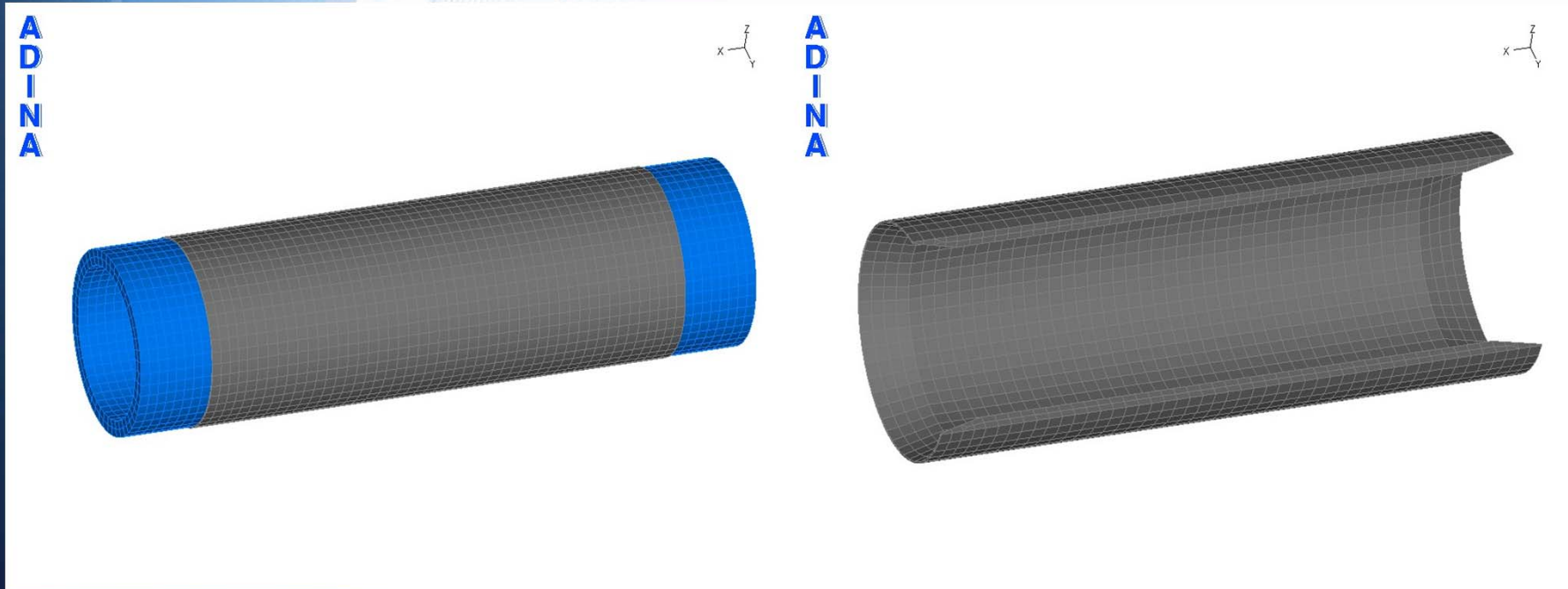
- Logiciel ADINA 8.5
- Grands déplacements/grandes déformations
- Éléments volumiques 20 nœuds (*convergence vérifiée*)
- Chargement pression uniforme (*avec effet de fond*)

Tubes témoins : Modélisations éléments finis



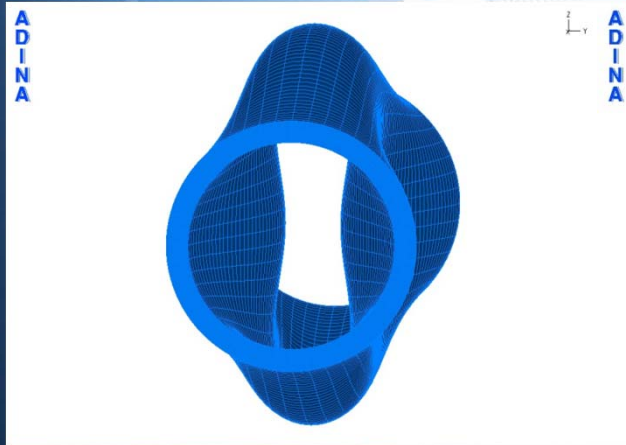
- Acier élasto-plastique (*module tangent 0.76 GPa*)
- Flambement linéarisé (*à 10. MPa*)
→ forme du premier mode naturel
- Analyse post-flambement (*défaut géométrique*) ←
- pression de ruine : instabilité/plastification

Tubes hybrides : Modélisations éléments finis



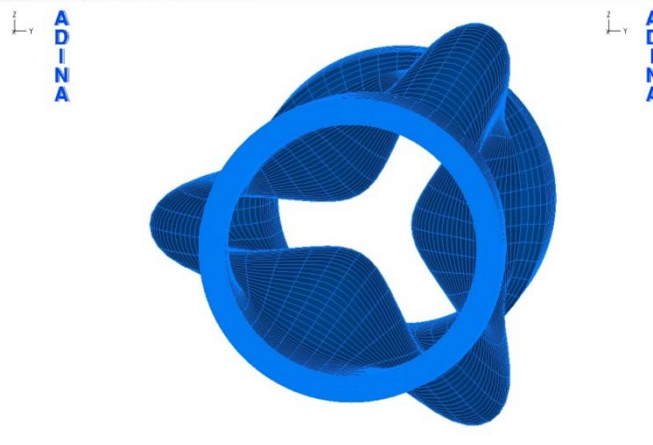
- Carbone orthotrope linéaire élastique
- Caractéristiques issues d'études précédentes
- Adhérence parfaite
- Procédure identique à celle des tubes témoins

Résultats éléments finis



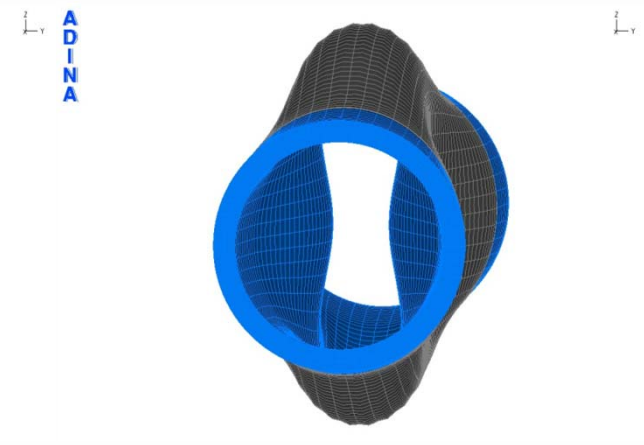
100.MPa

- Plastification à 94.MPa
- Flambement ensuite



40.0 MPa

- Flambement visible dès 20.MPa
- Plastification ensuite



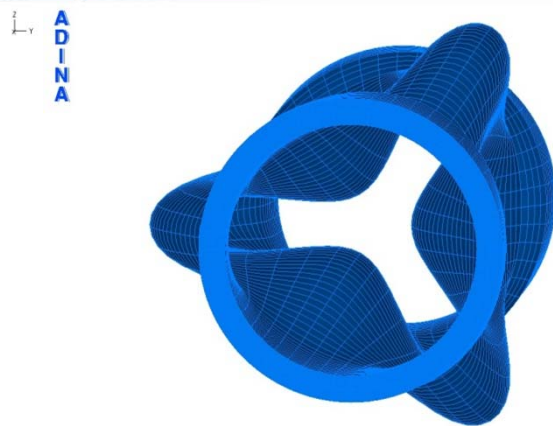
61.0 MPa

- Plastification à 59.MPa
- Flambement ensuite

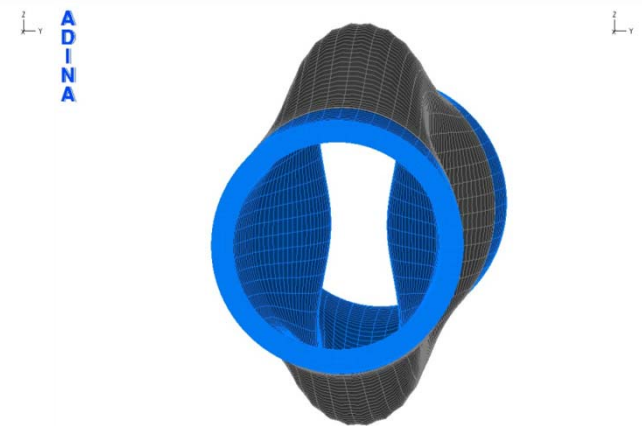
Résultats éléments finis vs Résultats expérimentaux



100.0 MPa



40.0 MPa



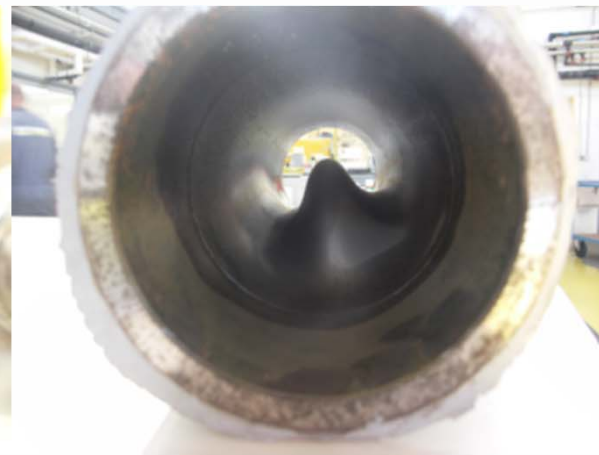
61.0 MPa



107.0 MPa

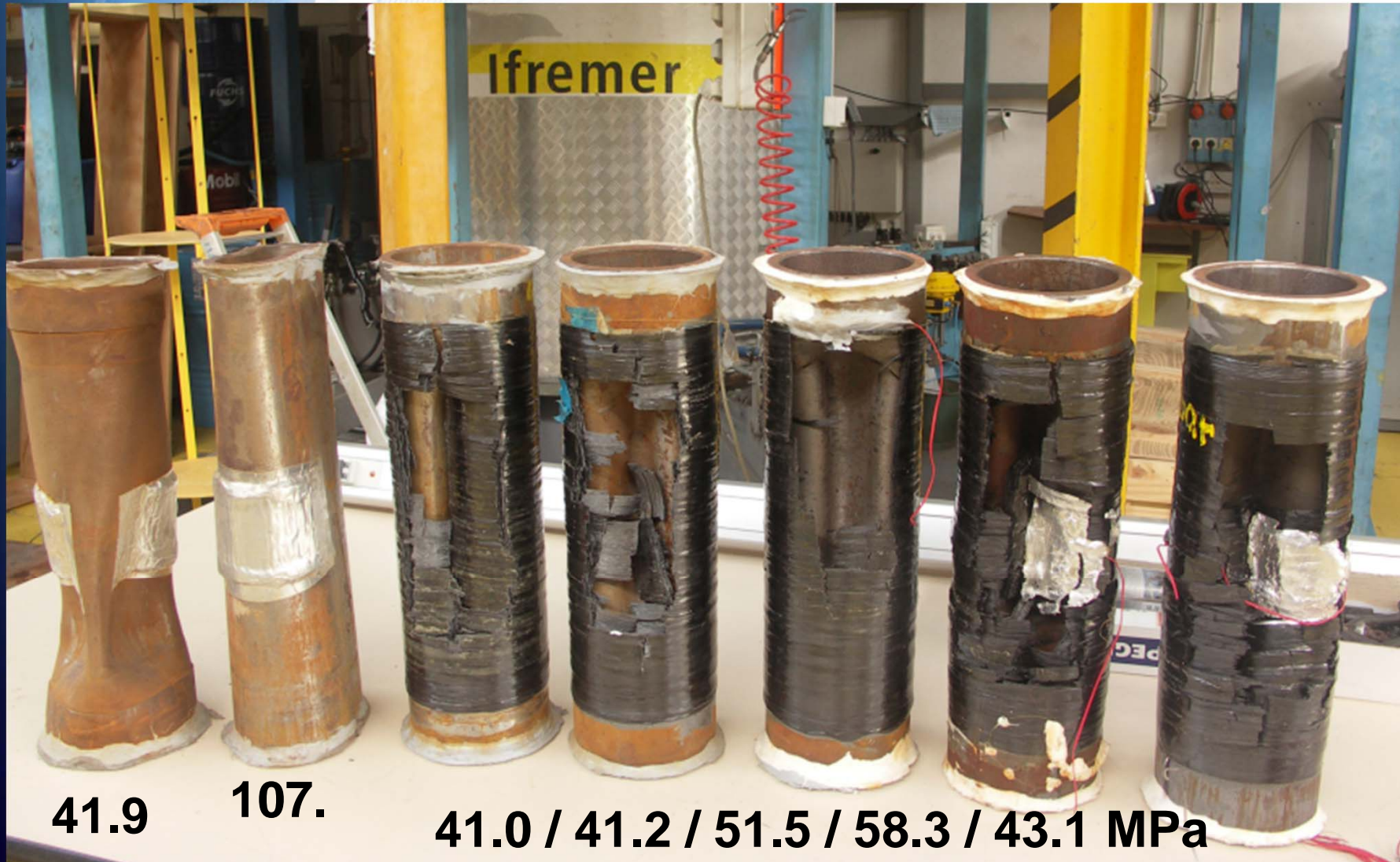


41.9 MPa

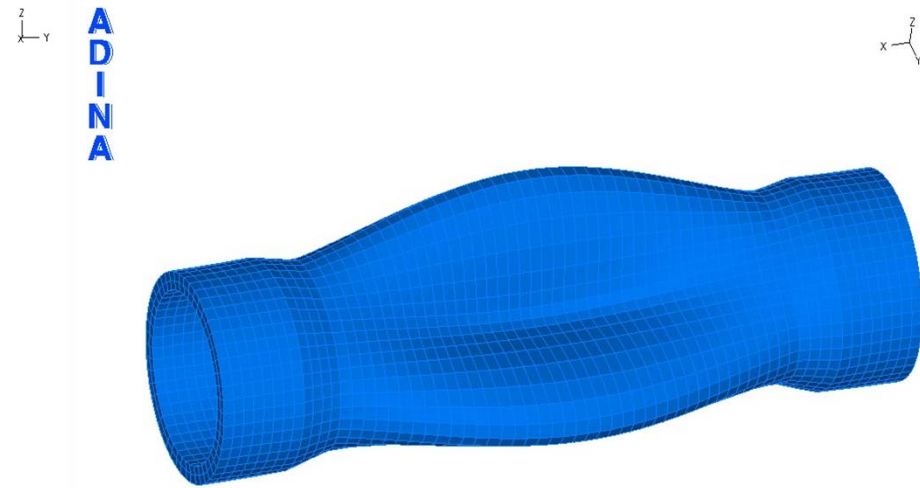
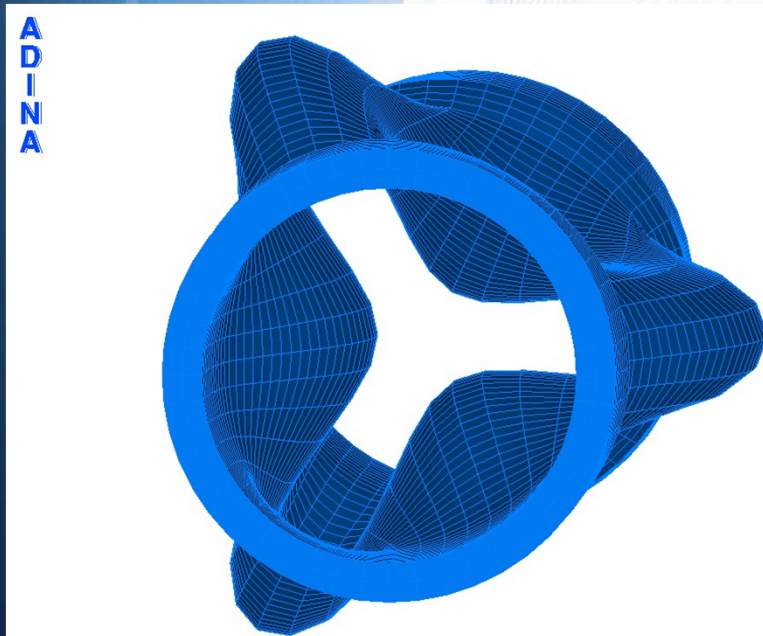


41.0 MPa

Résultats expérimentaux

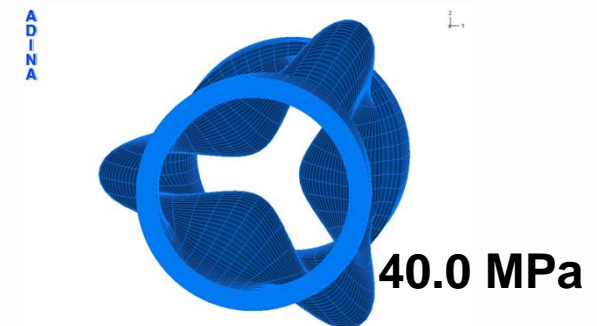


Recherches de scénarios : dissymétrie longitudinale



40.0 MPa

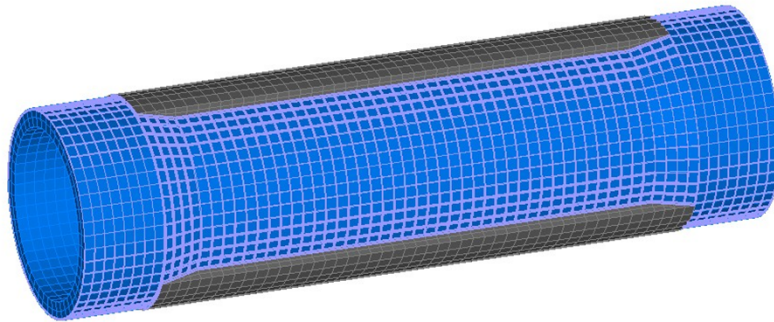
- Flambement des tubes témoins vers l'extrémité
- Influence du poids propre et de l'eau interne
- **Pas d'influence**



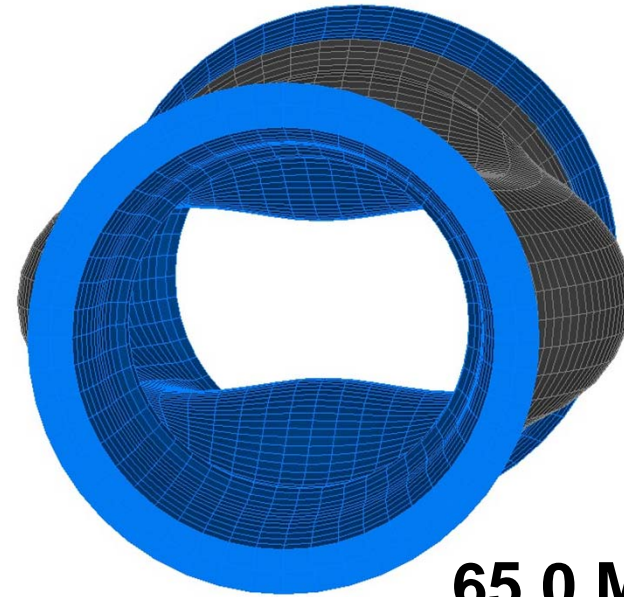
40.0 MPa

Recherches de scénarios : carbone décollé

A
D
I
N
A



A
D
I
N
A



65.0 MPa

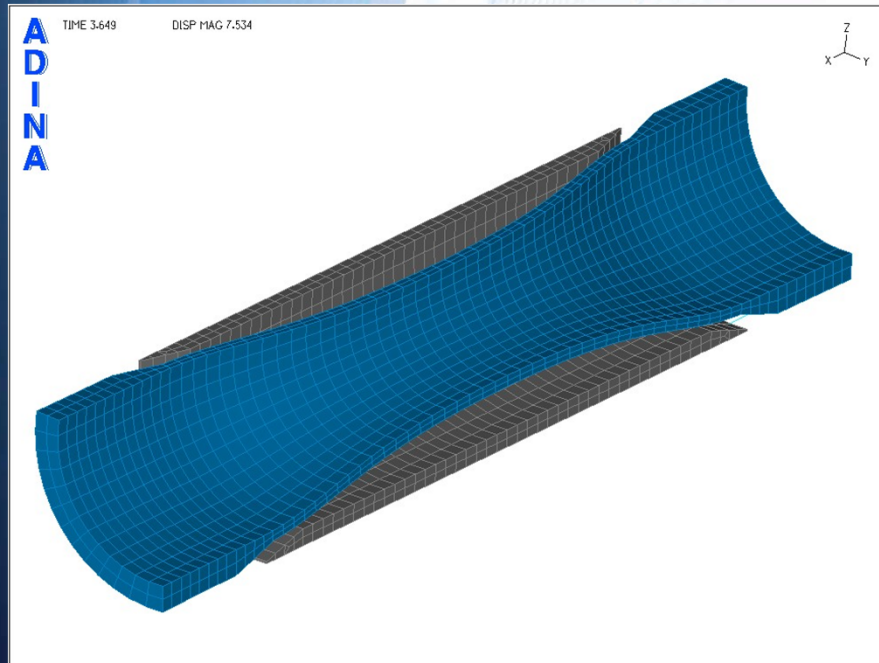
- Contact entre acier et carbone
- Pas de défaut initial
- Plastification à 58.MPa
- Flambement ensuite
- **Pas d'influence**

A
D
I
N
A

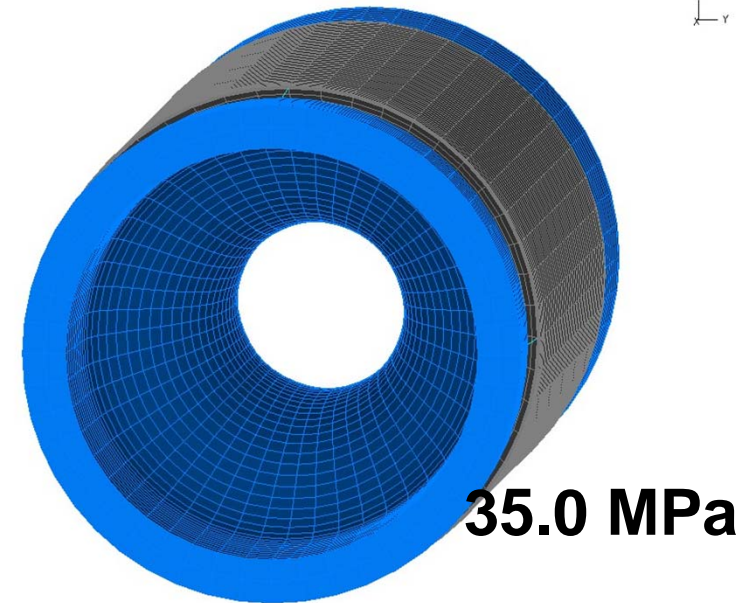


61.0 MPa

Recherches de scénarios : carbone décollé + entrée d'eau

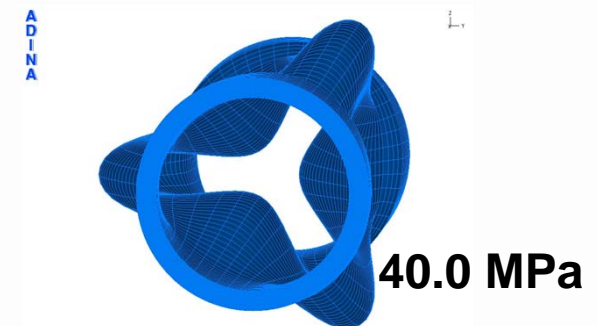


ADINA



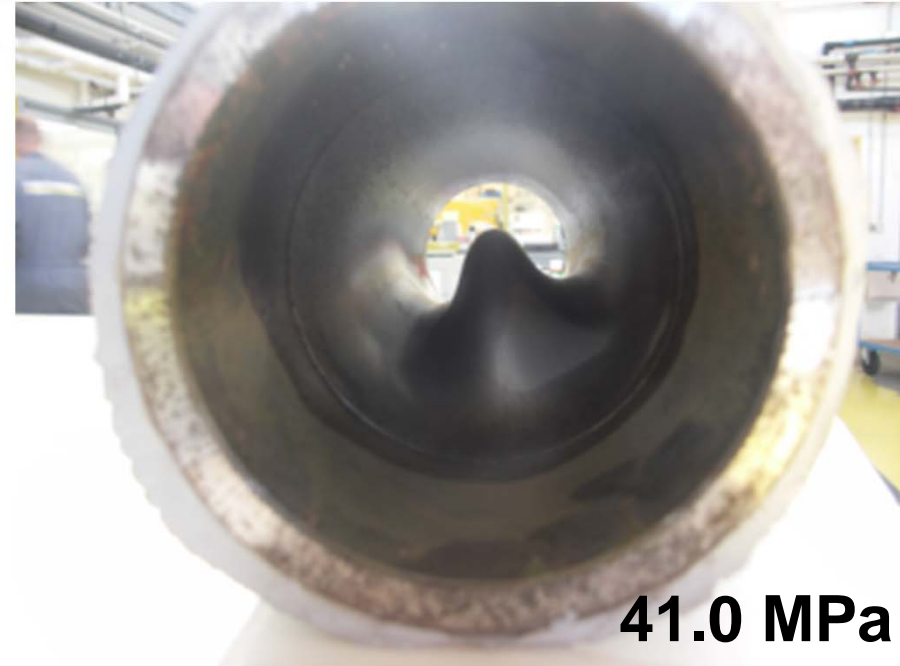
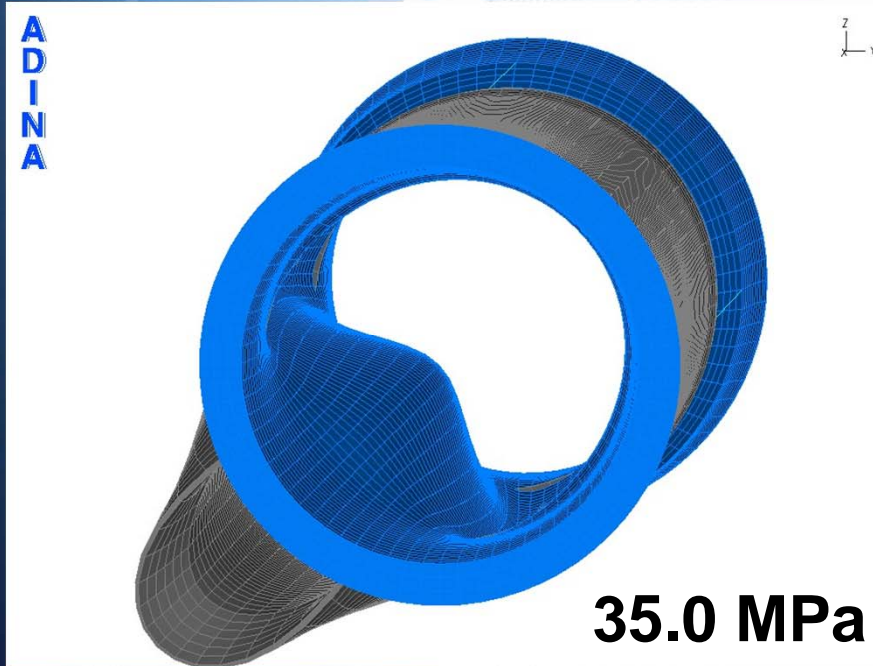
35.0 MPa

- Contact + pression à l'interface
- Pas de défaut initial
- Plastification à 33.MPa
- Flambement 3 lobes esquissé
- **N'explique pas la réalité**



40.0 MPa

Recherches de scénarios : carbone décollé + entrée localisée d'eau



- Contact entre acier et carbone
- Pression à l'interface sur $\frac{1}{2}$ circonférence
- Pression décalée temporellement conformément aux mesures d'émission acoustique (15.MPa)
- Plastification à 26.MPa

Conclusions

Modélisation flambement sous pression

Nécessité de modélisation non-linéaire :

- Géométrie déformée \leftrightarrow chargement
- Matériau plastification, incompressibilité...
- Contacts jeu, frottement

Prise en compte de défauts :

- Géométrique circularité, battement, rectitude...
- Matériau contraintes résiduelles,
caractéristiques mécaniques

Analyse probabiliste

Conclusions & Perspectives flambement sous pression

Flambement sous pression hydrostatique encore à explorer :

- Phénomène progressif
- Nouveaux modes

Améliorer les dispositifs expérimentaux :

- Observation « visuelle »
- Émission acoustique, fibre optique

Utilisation de la modélisation pour extraire de l'information des expériences

Contacts

Annexes



- Site [IFREMER](#)
- Site [Département RDT](#)
- Mail [Benoit.Bigourdan](#)

- Missions et axes structurants de l'IFREMER
- Références

L'institut français de recherche pour l'exploitation de la mer



Missions de recherche, d'expertise et d'agence de moyens

Recherche finalisée : répondre aux questions sociétales actuelles (effets du changement climatique, biodiversité marine, prévention des pollutions, qualité des produits de la mer)

Surveillance des mers et du littoral : soutien à la politique publique de gestion du milieu et des ressources

Développement, gestion et mise à disposition de grandes infrastructures de recherche : flotte, moyens de calcul, centre de données, moyens d'essais, structures expérimentales...

10 axes structurants pour 2020

Connaître la circulation océanique pour enrichir le diagnostic du changement climatique

Connaître et caractériser la biodiversité

Développer la valorisation des ressources biologiques par les biotechnologies et la bioprospection

Contribuer à une pêche et à une aquaculture durables

Favoriser une exploitation durable des ressources minérales et énergétiques

Enrichir les réseaux de surveillance pour répondre aux enjeux internationaux et européens

Concevoir un système national de prévisions environnementales des milieux côtiers

Optimiser la flotte océanographique comme très grande infrastructure de recherche.

Mettre en œuvre une stratégie nationale

Promouvoir une capacité d'innovation technologique partagée

Références

Choqueuse D. et al., Hydrostatic compression behaviour of steel composite hybrid tubes, Proc.ICCM 17

Collombet F. et al, Entire Life Time Monitoring of Filament Wound Composite Cylinders Using Bragg Grating Sensors (parts I, II and III) submitted to Applied Composite Materials, 2009 Martin, R.v(Editor)

Bigourdan B. et al., 2004, Composite materials for subsea oil separation, Proc. DOT, Marseille.

Chauchot P. et al, 2005 Composite Pressure Vessels: Towards a Composite Subsea Separator Proc. CMOO4.

Messenger T. et al., Optimal design of stiffened composite underwater hulls, Proc. III European Conference on Computational Mechanics Solids, Structures and Coupled Problems in Engineering, C.A. Mota Soares et.al. (eds.),Lisbon, Portugal, 5–8 June 2006