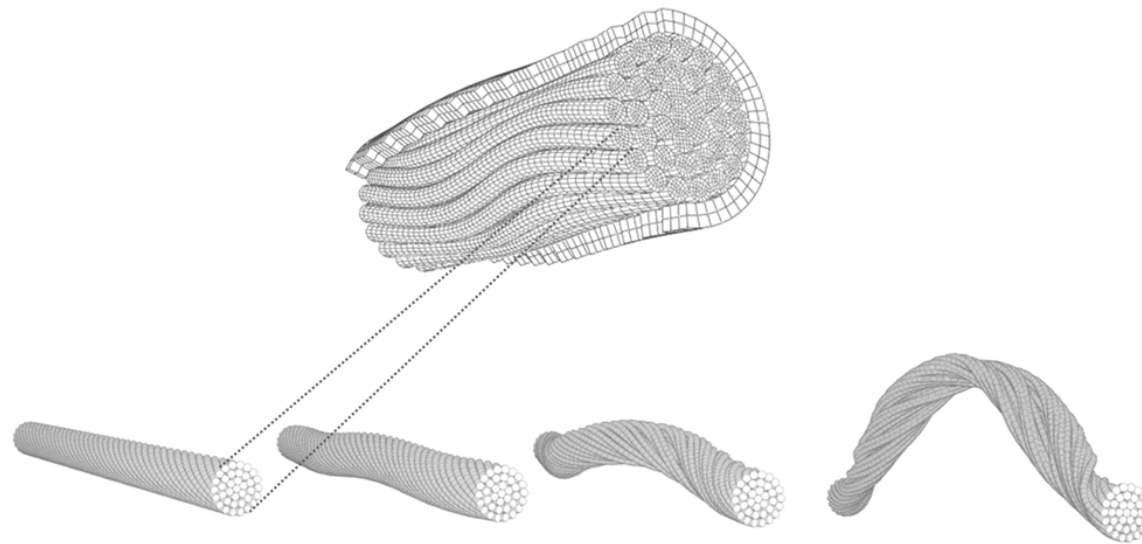


Effet mécanique non-linéaire dans une structure de câble électrique mobile

Conference NAFEMS France - Paris, 8/06/2011
« Analyse non-linéaire et Conception des structures »

Bruno Truong – Nexans Research Center

Nexans



Nexans leader mondial

Contexte de l'étude

Simulation et **Methodologie**

Conclusions





- **Un leader mondial expert dans l'industrie du câble**
- C.A. 2010 de plus de **6 Milliards d'Euros**
- Côté NYSE Euronext Paris

- Présence industrielle dans **40 pays**, activités commerciales dans le monde entier
- **23.700** experts locaux

4 Centre de recherche

24 Réseaux de développement

450 Chercheurs, Ingénieurs et Techniciens

Nexans Research Center

70 experts (Docteurs, Ingénieurs...)

10 nationalités

Expertise

Matériaux polymères / Résistance au feu /

Simulation FEM (Procédé d'extrusion, Electro-thermique & Mécanique)

Equipement

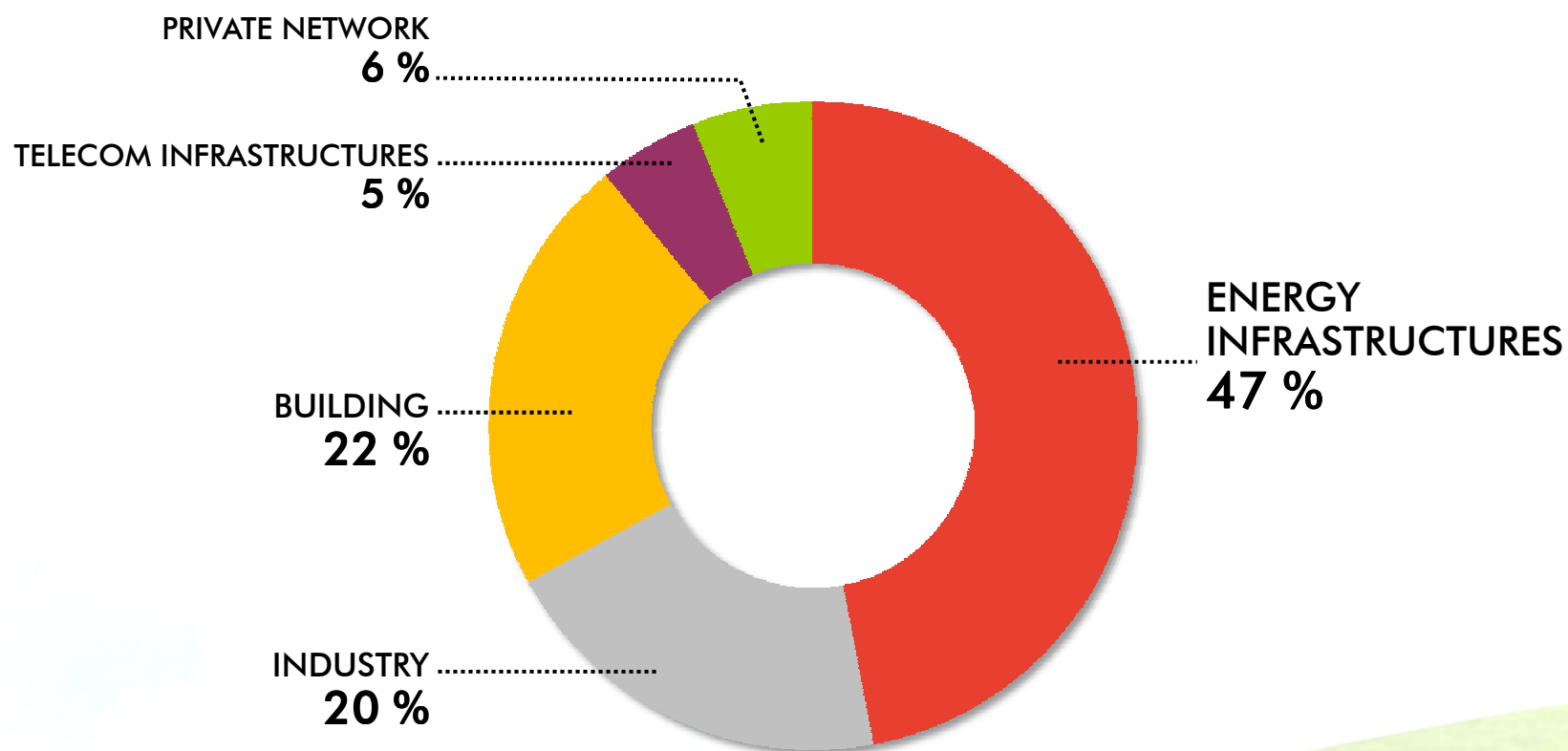
Tests au feu, **Centre de tests mécaniques**, Caractérisation, MEB...

Innovation

15 à 20 brevets/an (30% des dépôts de Nexans)



Ventes par marché



Applications mobiles



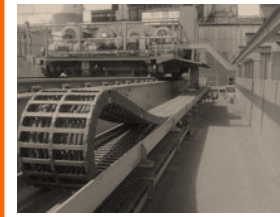
Handling



Mining



Wind energy



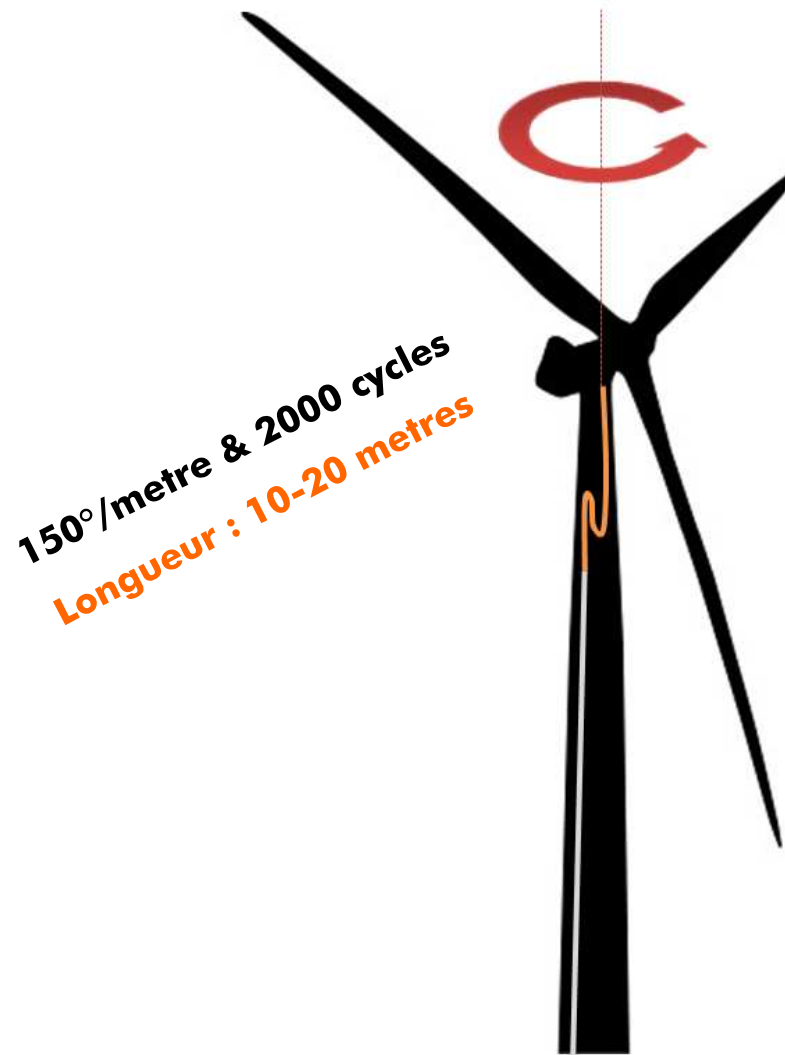
Automation



Robotics

INDUSTRY
20 %

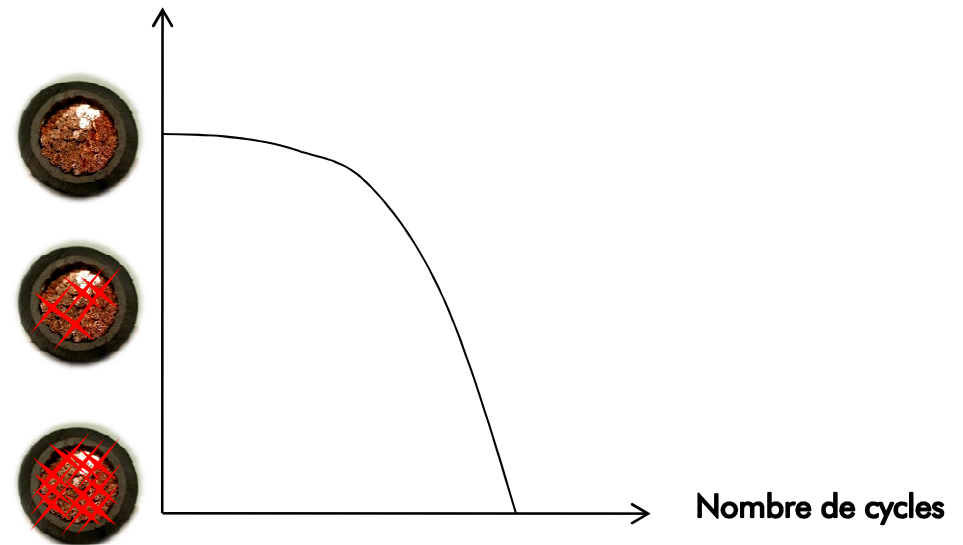
Application



Objectif

→ Fiabilité / Durée de vie

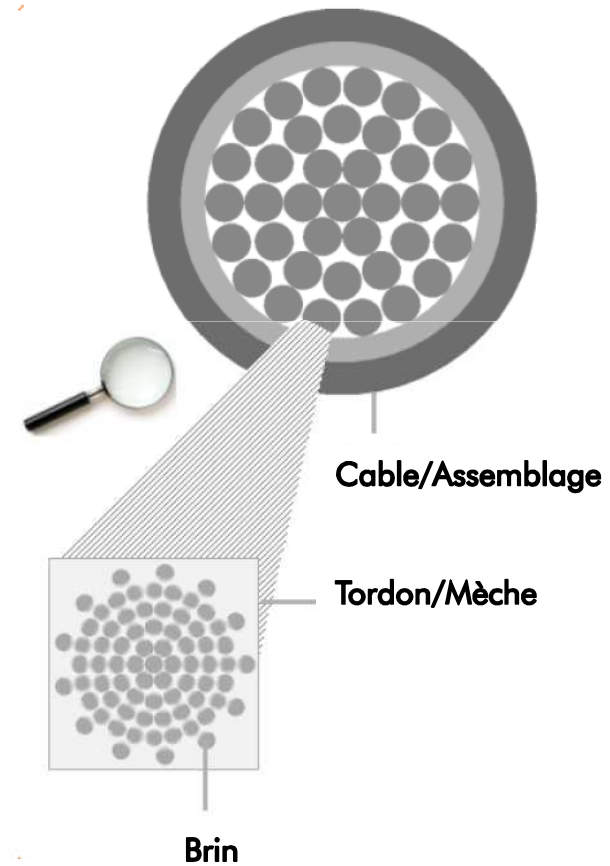
% de brins endommagés



Cable design

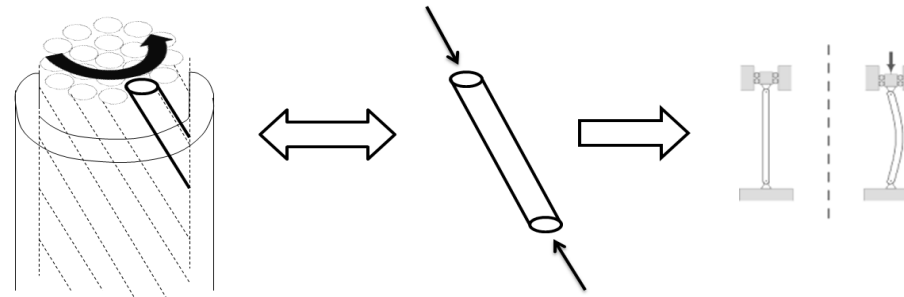


Câble d'énergie monoconducteur – Basse Tension
 Section : **400** mm²
 Nombre de brins de cuivre : **~2700**



Compréhension physique

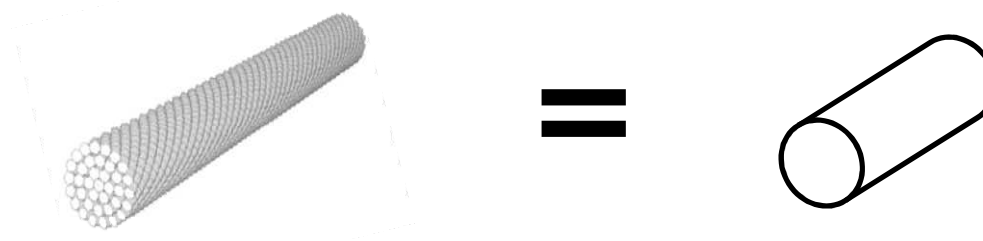
→ Phénomène mécanique: **Flambage**



Simplifications → Modèle

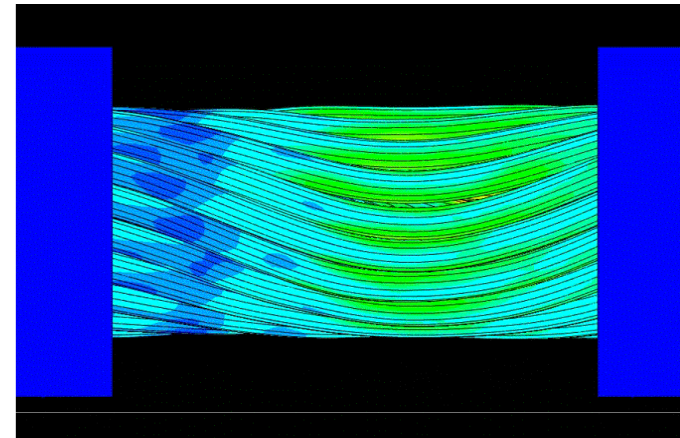
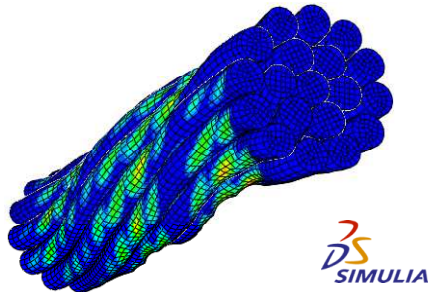
→ Limitation géométrique: Considérer le câble sur une **longueur représentative**

→ Approche Macro: Considérer le tordon comme une barre de **rigidité équivalente**



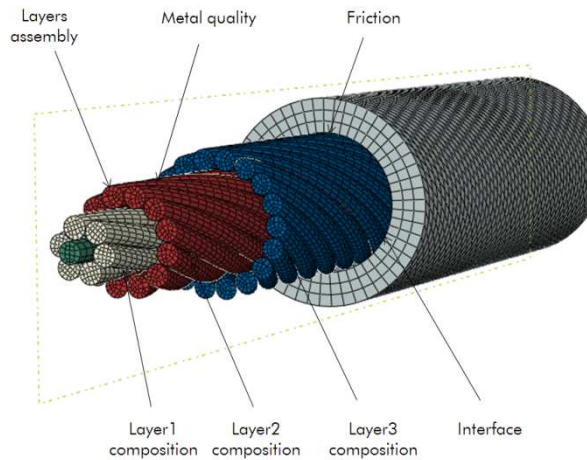
Validité du modèle

- Représentation du **phénomène**
- Outputs



Plan d'expérience

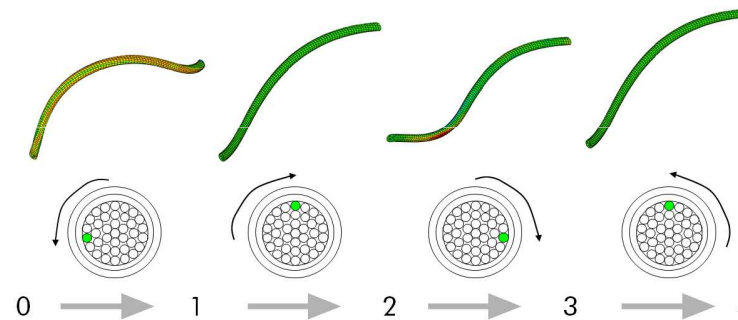
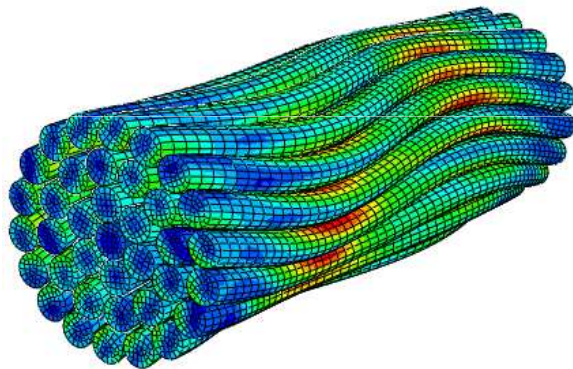
- Sélection des **Inputs**
- Fenêtres de valeur



7 paramètres / 2 niveaux
8 cas

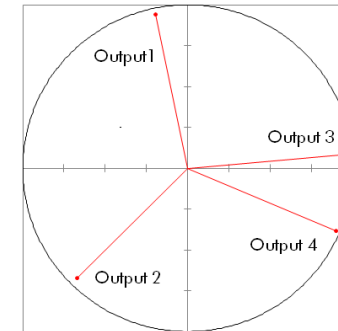
Collection des outputs

→ Outputs qui ont du sens au regard de la **fiabilité**: Stress/Déformations locales

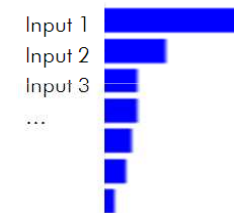


Analyse des outputs

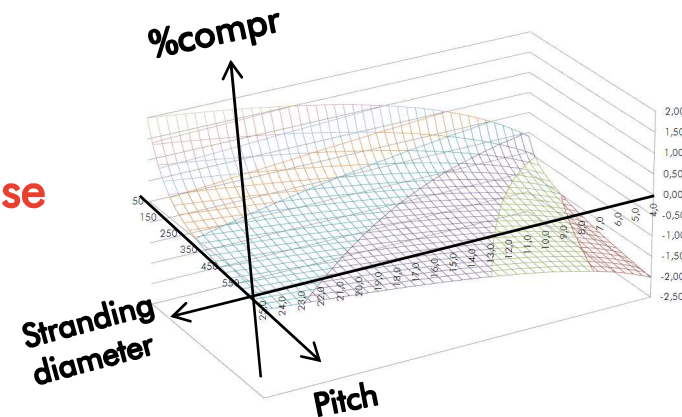
→ **ACP**: Visualiser les corrélations entre outputs



→ **Pareto**: Quantification de l'effet des inputs



→ Régression linéaire: Obtenir une **surface de réponse**

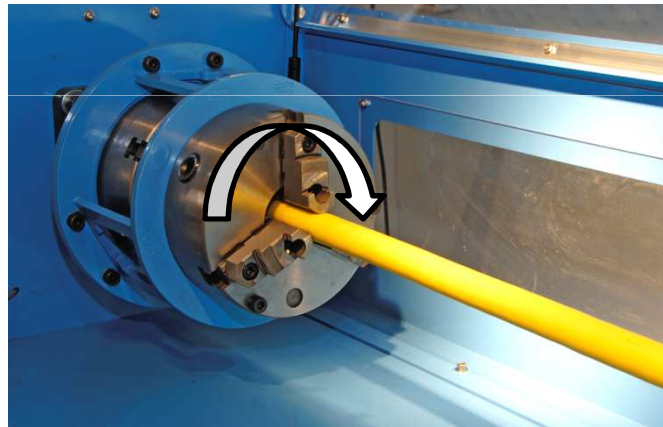


Validation par l'expérience

Resultats

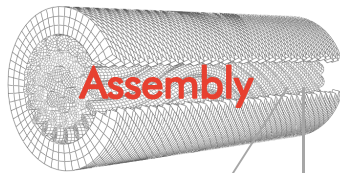
Nous avons pu déterminer le **paramètre-clé** pour la fiabilité

En le modifiant, nous avons pu augmenter la fiabilité du câble de **40%**.



Objectif

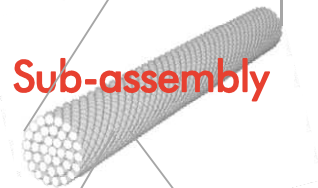
→ Fiabilité/Durée de vie



Approche Macro

→ Déterminer **les paramètres principaux**

Compréhension
→ Leviers pour a fiabilité



Approche Micro

→ Représenter le phénomène **local**

→ **Optimiser** le design du tordon

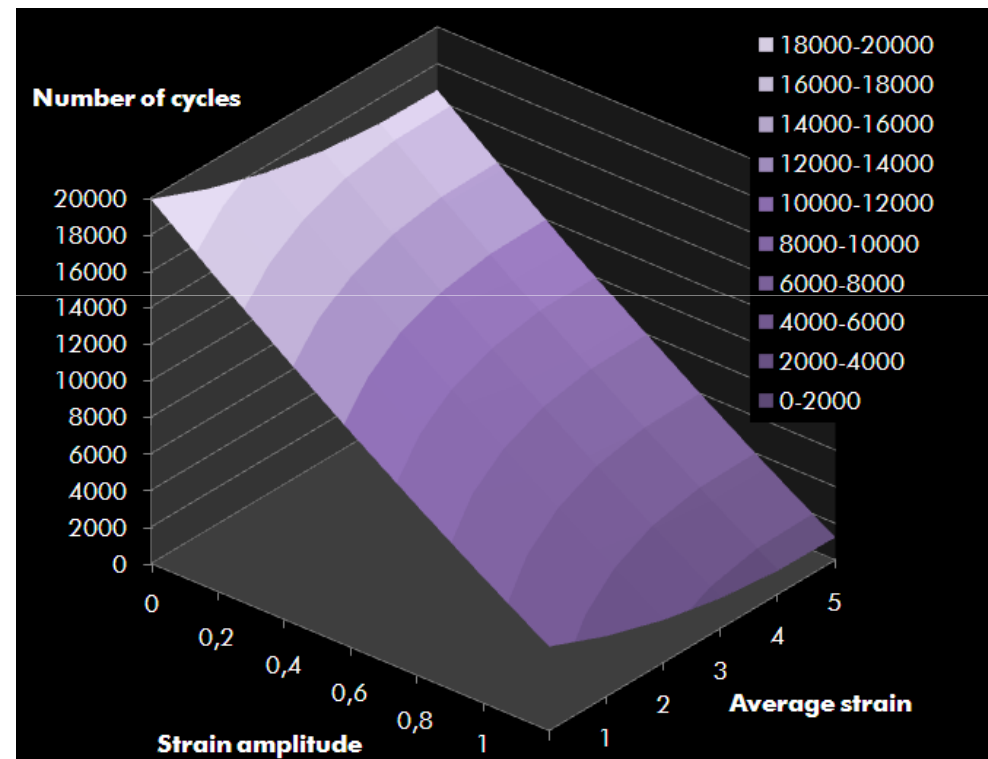
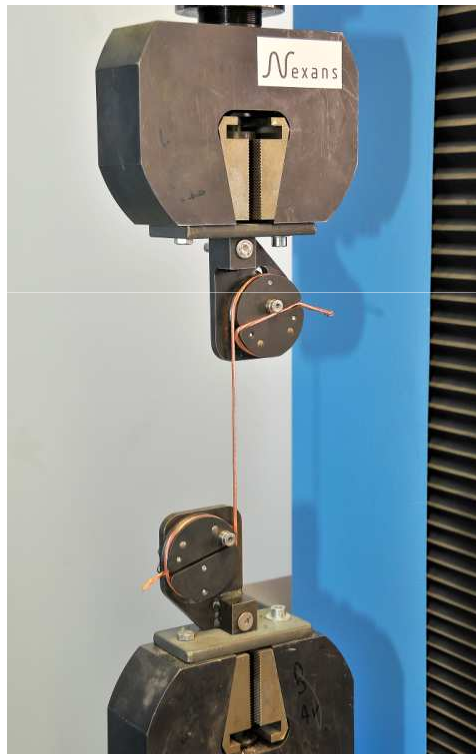
Optimisation/Prédiction
→ Valeurs de fiabilité



→ Lier les résultats de simulations à des propriétés cycliques des matériaux pour **prédire la fiabilité**

Partie expérimentale

Propriétés du cuivre sous sollicitations cycliques



$$N(\epsilon, \Delta\epsilon)$$

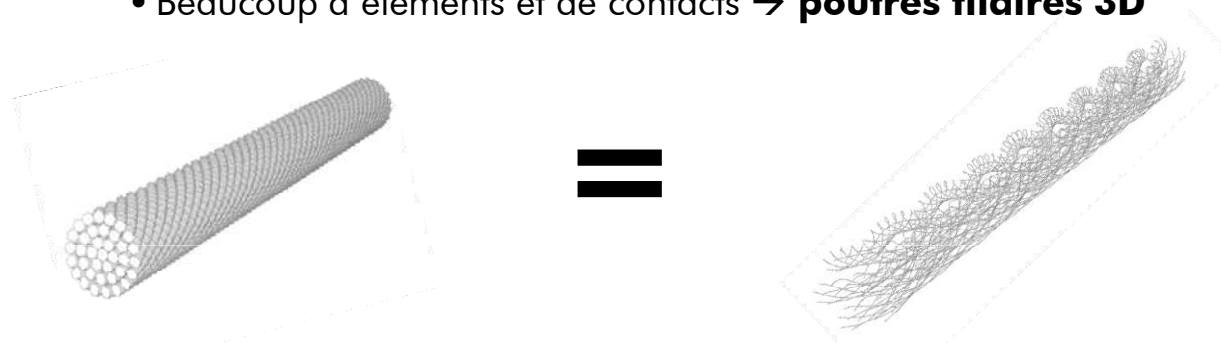
Compréhension physique

→ Phénomène mécanique: **Flambage**

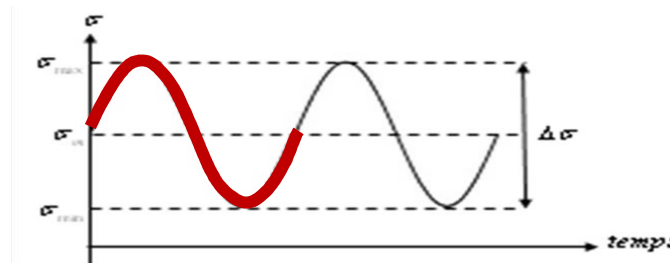
Simplifications → Modèle

→ Brins très élancés:

- Beaucoup d'éléments et de contacts → **poutres filaires 3D**



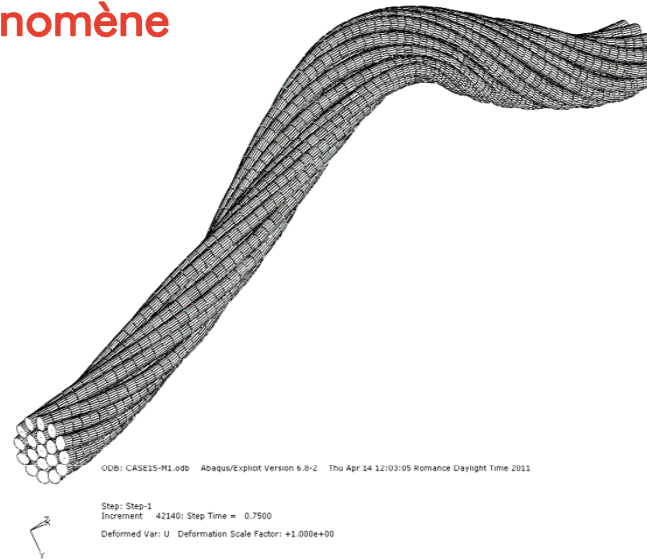
- Sollicitations cycliques → Simulation sur **un cycle** pour avoir $(\epsilon, \Delta\epsilon)$



- ABAQUS /Explicit for **quasi-static** calculation

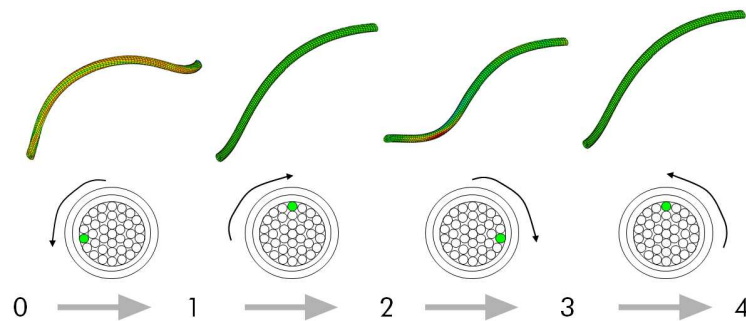
Validité du modèle

→ Représentation du **phénomène**



Step: Step-1 Frame: 15

Phénomène représenté dans l'approche Macro

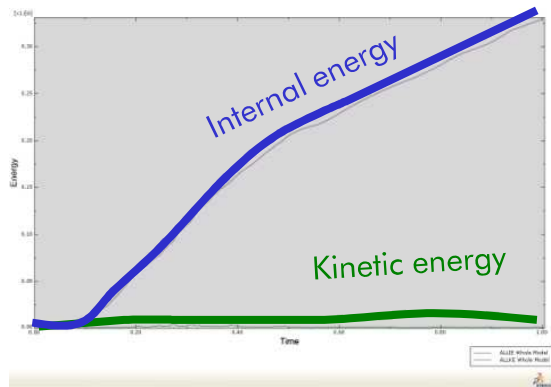


Reproduction expérimentale



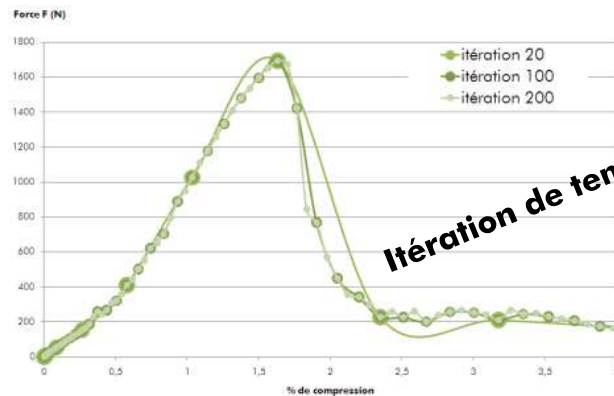
Validité du modèle

→ **Quasi-staticité**

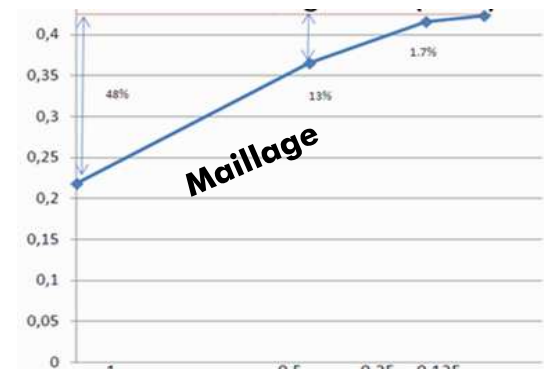


Smooth step, Ajustement de la masse

→ Etude de **convergence**



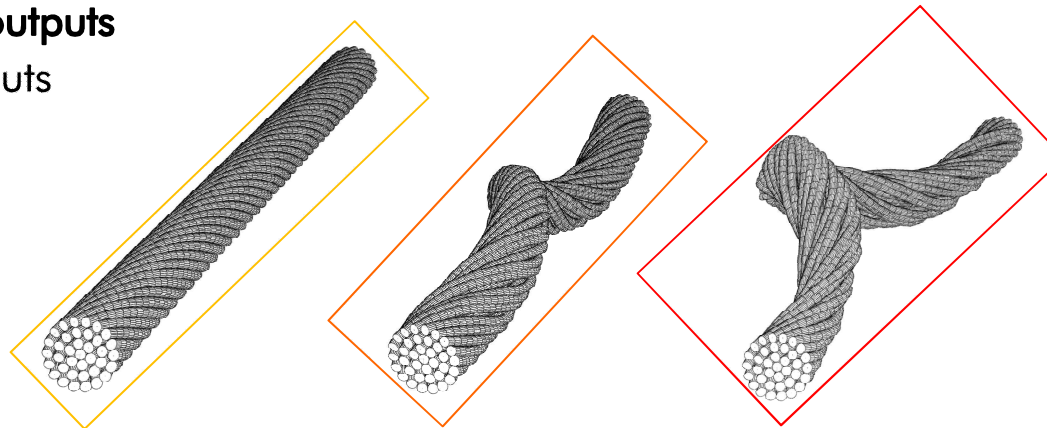
Itération de temps



Maillage

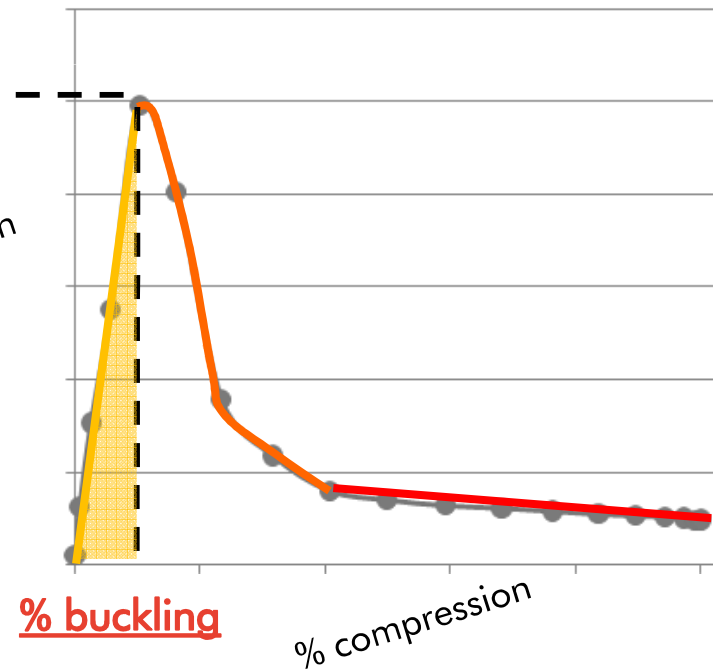
Collection des outputs

→ **Global** outputs



Buckling force

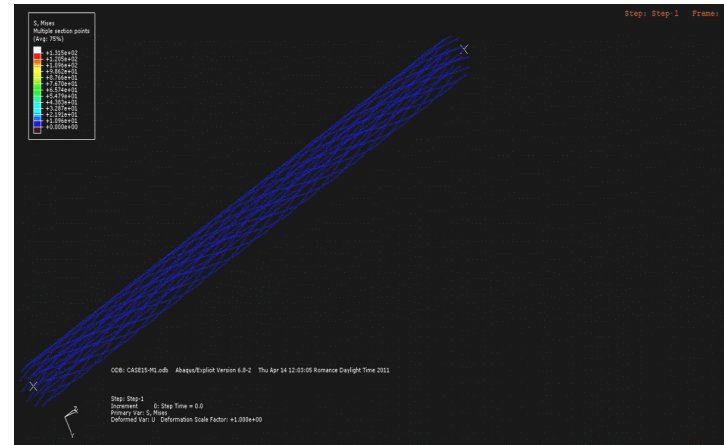
Compression force (N)



Collection des outputs

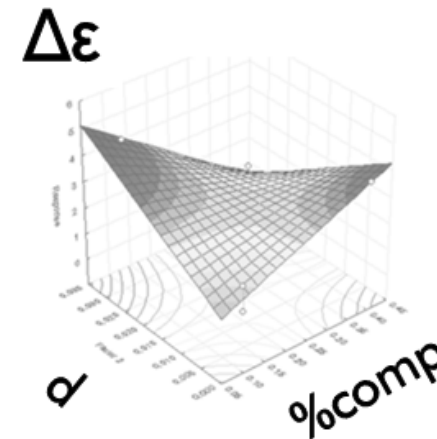
→ Local outputs

ϵ in wires



Analyse des outputs

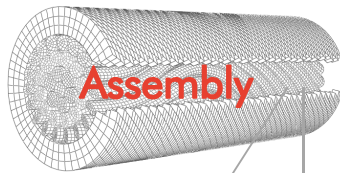
→ Régression linéaire: Obtenir une **surface de réponse**



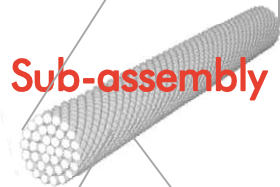
Echelle

Génération des données

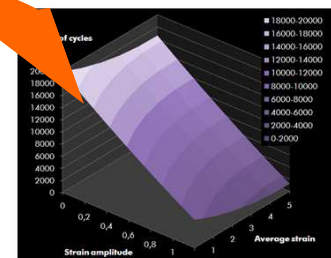
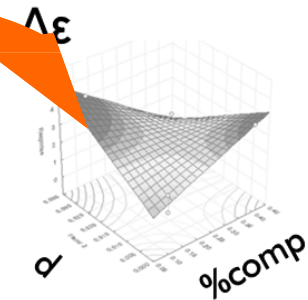
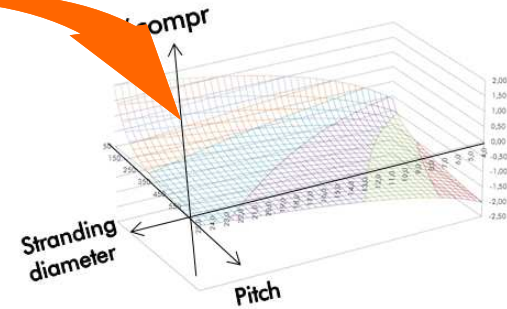
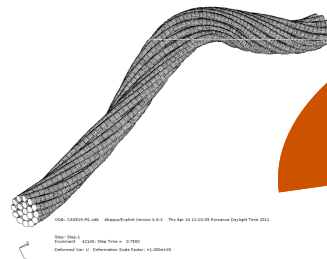
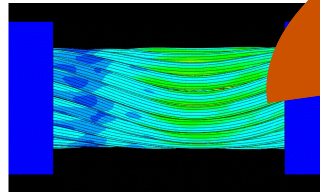
Traitement des données



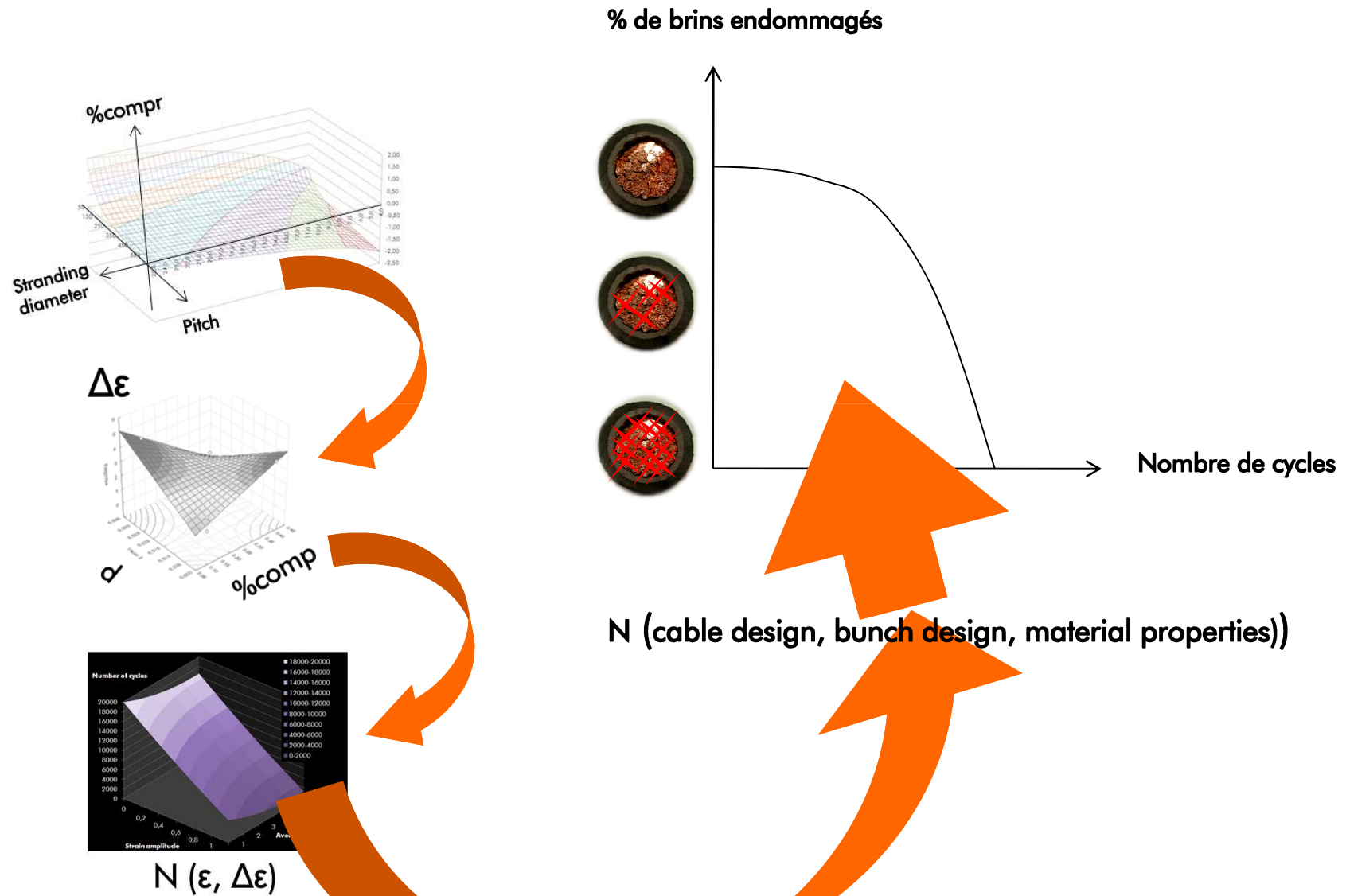
Sub-assembly



Material



$N(\epsilon, \Delta\epsilon)$



Merci pour votre attention !