



Guide de la démo « Fibres et plectonèmes »

Espace LOGIN – espace interactif dédié aux
sciences du numérique

08-07-21

Inria

SOMMAIRE

1. Modélisation des fibres et des plectonèmes	3
1.1. MODELES ET INFORMATIQUE	3
1.2. PREVENTION DES RISQUES	3
1.3. UN PEU DE THEORIE...	3
2. Applications et recherches sur les fibres et plectonèmes	5
2.1. APPLICATIONS GENERALES	5
2.2. RESULTATS DE L'EQUIPE DE RECHERCHE INRIA : TRIPOP	5

1. Modélisation des fibres et des plectonèmes

1.1. MODELES ET INFORMATIQUE

Une des grandes forces de l'informatique est sa capacité de modélisation, la possibilité qu'elle offre de définir les règles d'un monde et de calculer comment il va changer au fil du temps.

Prenons un exemple ; En créant un espace virtuel commandé par les lois de la gravité et en y plaçant les planètes telles que nous les connaissons, un ordinateur est capable de calculer très précisément leurs trajectoires. Plus nos connaissances des lois et des caractéristiques de notre système sont précises, plus notre modélisation est fiable.

Cependant, tout dépend de notre connaissance des lois physique qui régissent notre monde. S'il nous manque des informations, si des phénomènes nous sont inconnus ou si nos calculs ne sont pas assez précis, notre modélisation n'englobera pas tous les cas de figure possibles.

Ce qui mène parfois à des accidents regrettables.

1.2. PREVENTION DES RISQUES

Dans le massif du Mont Blanc, en France, se trouve un téléphérique panoramique. Des cabines parcourent plusieurs kilomètres suspendus à des câbles d'acier.

Le 8 septembre 2016, alors que le téléphérique fonctionne normalement, les programmes de contrôle détectent une anomalie et actionnent les freins d'urgence. Ce brusque ralentissement provoque un phénomène d'ondulation des câbles qui vibrent sur toute leur longueur. Ils sautent en dehors de leurs logements, bloquant l'ensemble du téléphérique et piégeant les touristes qui s'y trouvent. Fort heureusement, les secours interviennent suffisamment rapidement pour que l'accident ne provoque aucune victime.

Une enquête a identifié les raisons de cet accident : un manque d'organisation des équipes d'entretien. Or la raison principale de cet accident était le phénomène d'ondulation des câbles qui n'était pas connu à l'époque de la création du téléphérique.

En effet, si nous avions été capable de modéliser le comportement du câble du téléphérique soumis au stress d'un freinage d'urgence, il aurait été possible de prévoir ce phénomène d'ondulation et le système aurait alors été pensé différemment.

1.3. UN PEU DE THEORIE...

Mais un câble, comme une fibre, un cheveu ou un ruban est appelé **structure élancée** c'est à dire un objet particulier ayant une largeur beaucoup plus importante que sa hauteur et son épaisseur. Pour un câble de téléphérique, on parle de plusieurs kilomètres de long pour quelques centimètres de large et de haut. C'est cette caractéristique qui explique le comportement imprévisible des fils.

Quand un objet classique (ayant des proportions semblables) est soumis à une force, il s'écrase, perd de la hauteur et gagne de la largeur : il reste dans le même plan. C'est ce qu'il se passe lorsque que l'on presse un chamallow entre ses doigts. Dans le cas d'une structure élancée, l'objet va subir de grandes transformations très difficiles à prévoir. Le système devient non-linéaire.

Le problème se pose pour tous les types de forces. La torsion d'une structure élancée par exemple va être très difficile à calculer car la fibre est en interaction avec elle-même.

2. Applications et recherches sur les fibres et plectonèmes

2.1. APPLICATIONS GENERALES

C'est un problème qu'il est très important de résoudre car on trouve des structures élancées partout et à toutes les échelles.

C'est d'abord un besoin d'ingénierie, pour assurer la sécurité d'ouvrages très importants : les téléphériques, les ponts utilisant des câbles, etc. Ces recherches concernent aussi le Câble Transatlantique qui relie les serveurs Eurasiens et Américains ; véritable clef de voute de l'internet mondial. Il faut absolument savoir comment le câble va se comporter au fond de l'océan atlantique pour prévoir les problèmes et les besoins d'entretien.

On trouve également de nombreuses fibres dans le monde du vivant. Les racines sont un sujet d'étude intéressant, les tiges qui grandissent et pénètrent dans des milieux granulaires mais également le phénomène de surenroulement de l'ADN.

Le cinéma d'animation et les effets spéciaux de films ont aussi besoin de mieux comprendre le comportement des fibres pour animer de façon plus convaincante les cheveux, les fourrures et les textiles aux cinéma.

Les industries cosmétiques et textiles suivent également ces recherches, pour mieux maîtriser les matériaux de bases de leur secteur (textiles d'un côté, cheveux et poils de l'autre).

2.2. RESULTATS DE L'EQUIPE DE RECHERCHE INRIA : TRIPOP

Les chercheurs d'Inria travaillent ainsi à réaliser un modèle capable de calculer précisément le comportement d'une fibre. Ils traduisent les lois physiques définissant ce comportement en formules mathématiques calculables par ordinateur pour les intégrer dans un modèle. Ils peuvent alors comparer les prédictions de ce modèle avec la réalité. S'il n'y a pas de différence, c'est que le modèle est fiable et que l'on peut utiliser ses résultats dans le monde réel.

Pour cela, il faut produire des modèles physiques qui soient conformes à la réalité, capables de prédire le comportement d'un objet à partir de la description précise des forces qui lui sont appliquées. Dans le cas de la fibre, on doit savoir comment la fibre réagit à une torsion et à une tension. Ensuite, l'équipe compare les résultats de son moteur au comportement d'une fibre réelle et voit alors si son modèle est fiable ou ne l'est pas.

Concrètement, l'équipe a développé un modèle qui divise la fibre en plusieurs sections très courtes. Le comportement de chaque section est calculé individuellement et influe sur les sections proches en suivant des lois physiques. Les fibres se comportant de la même façon à toutes les échelles, il est possible de valider ces modèles en les comparant à des expériences en laboratoires. Ils peuvent ensuite être utilisés pour calculer le comportement de fibres très différentes, de l'enroulement de l'ADN aux ondulations des câbles de téléphériques.

Cependant, même s'il est possible de valider des modèles de cette façon, les prédictions ne peuvent jamais être sûres à 100%. Il existe forcément de cas de figures qui n'ont pas été prévus. Mais ici, le modèle est basé sur des lois physiques réelles et une analyse statistique est faite pour exprimer le degré de fiabilité de la solution.