
Etude d'un ski composite en flexion 3 points

1. Objectifs

L'objectif ici d'étudier le comportement d'un ski composite soumis à une flexion 3 points. On s'intéressera particulièrement aux aspects liés à l'identification de propriétés équivalentes du ski, qui est en réalité un **matériau composite** composé d'un empilement de différents matériaux. Egalement, ce projet sera l'occasion d'évaluer si l'on sort durant l'essai des limites de validité de la théorie des poutres, en raison des grands déplacements auxquels pourront être soumis la structure dans certaines configurations.

2. Montage expérimental

Le montage expérimental est constitué d'un ski composite monté dans un banc d'essai en flexion 3 points. Les appuis du ski peuvent être déplacés, de façon à changer la sollicitation apportée au ski. Le ski est chargé par l'intermédiaire d'un vérin hydraulique. La charge est mesurée par un manomètre, sachant que la section effective du vérin est de 14.5cm^2 .

Attention : il conviendra de mesurer la pression nécessaire pour déplacer le vérin hydraulique même sans chargement, pour prendre en compte uniquement le chargement **effectif** imposé au ski.

La mesure sans contact de la déformée se fait par l'intermédiaire d'un laser, qu'il conviendra de calibrer dans un premier temps.

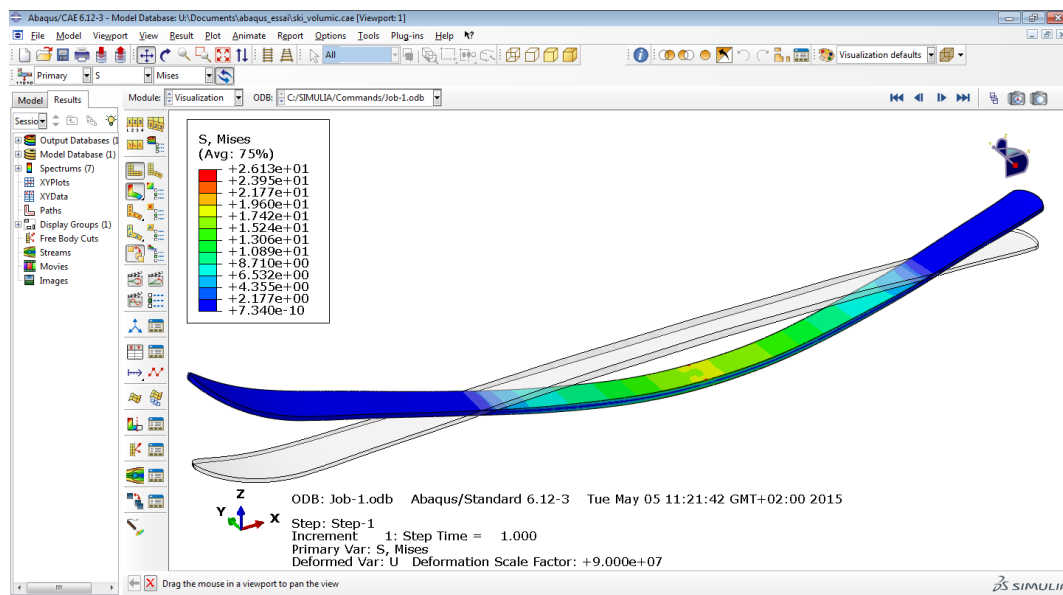
Une coupe du second ski permet de mesurer précisément les dimensions du ski et d'observer la répartition des différents matériaux qui le composent.

3. Méthodologie

D'un point de vue **expérimental**, il s'agira ici d'étudier la flèche du ski avec le laser en fonction de la charge appliquée et de l'emplacement des points d'appui. On prendra évidemment soin de ne **pas dépasser une charge limite équivalente au poids d'une personne de 80kg sur un seul ski**.

D'un point de vue **théorique**, il s'agira ici d'approcher cette flèche avec les outils de la mécanique des poutres. Il conviendra ici d'insister sur le fait que le **moment quadratique de la poutre n'est pas constant** sur sa longueur. De plus, la prise en compte des non-linéarités dues aux grands déplacements de la poutre pourra être nécessaire dans le cas où les appuis deviennent très espacés : une méthode similaire à celle présentée dans le sujet « poutre en grands déplacements » pourra alors permettre d'approcher le problème réel.

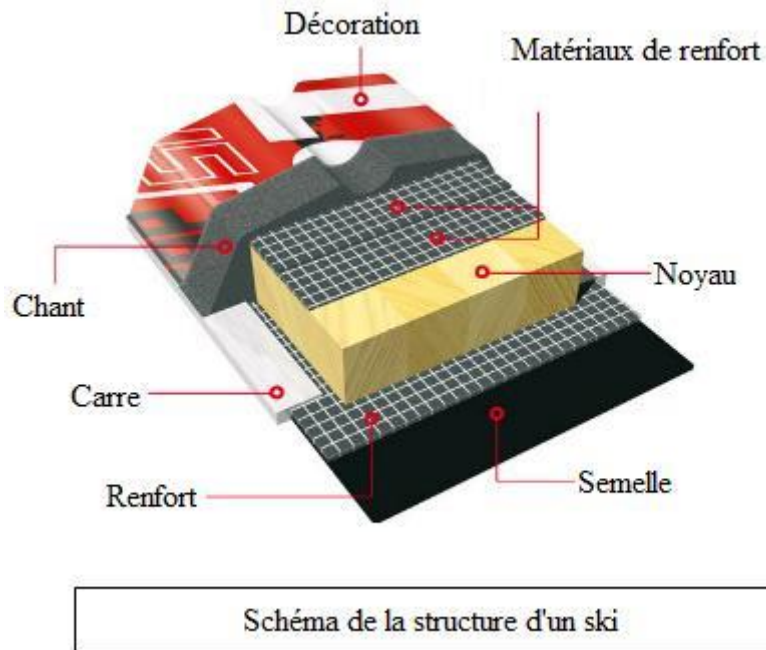
D'un point de vue **numérique** enfin, il s'agira de reproduire l'essai en prenant en compte un nombre croissant d'aspects liés à la structure réelle : géométrie complexe, matériau composite, frottement au niveau des appuis ... La géométrie réelle pourra être importée depuis un fichier Catia V5 présent sur les PC de la salle de TP. Une structure composite pourra être modélisée à partir d'un plan moyen, disponible dans en format Catia V5 sur les PC de la salle de TP (voir annexe « modélisation des composites dans Abaqus »).



4. Données complémentaires

Composition du ski

On pourra par exemple considérer le ski selon la structure ci-dessus (qui n'est pas exactement celle du ski présent en salle de TP).



Les matériaux suivants pourront être utilisés :

- semelle : polyéthylène haute densité ($E \approx 2.8 \text{ GPa}$, $\nu \approx 0.46$)
- carres : acier ($E \approx 210 \text{ GPa}$, $\nu \approx 0.3$)
- noyau : mousse de polyuréthane ($E \approx 12 \text{ MPa}$, $\nu \approx 0.3$)
- Matériaux de renfort : composite verre/époxy et/ou Zicral ($E \approx 72 \text{ GPa}$, $\nu \approx 0.35$)
- couche de décoration : PA 6 ($E \approx 1 \text{ GPa}$, $\nu \approx 0.3$)

Méthode #1 : loi des mélanges

En théorie des matériaux composites, la loi des mélanges permet de calculer le module de Young équivalent d'un matériau composé de n composants :

$$E_{eq} = \sum_{i=1}^n E_i f_i$$

où E_i désigne le module d'Young du constituant i et f_i désigne la fraction volumique du constituant i . On pourra ainsi tenter de formuler un module de Young équivalent au ski, qui ne prendra en revanche pas en compte l'organisation de ces différentes couches.

Méthode #2 : approche inverse

Il sera possible, en comparant l'expérience aux résultats théoriques, d'en déduire un « module de Young équivalent » du matériau qui permet de faire coller exactement les données expérimentales avec le modèle théorique. Ce module expérimental pourra être comparé à un module issu de la loi des mélanges.

Méthode #3 : poutre en I

Enfin, on pourra s'intéresser à la modélisation du ski composite comme une seule poutre en I (donc le moment quadratique est largement documenté dans la littérature), qui prend en compte la réelle disposition des lames métalliques dans le ski, contrairement à la loi des mélanges.

Les dimensions de la partie centrale de ce profil en I pourront être déterminées de manière à représenter le noyau du ski en termes de propriétés équivalentes.